

Die femoro-krurale Revaskularisation

Früh-, Spätergebnisse und Prognose
am gefäßchirurgischen Krankengut
der Städtischen Krankenanstalten Fürth
in den Jahren 1970-1977

von

Peter Geißelsöder

— aus

Nürnberg



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Chirurgischen Klinik und Poliklinik

der Universität Erlangen-Nürnberg

Direktor: Prof. Dr. med. F. P. Gall

Die femoro-krurale Revaskularisation

Früh-, Spätergebnisse und Prognose
am gefäßchirurgischen Krankengut
der Städtischen Krankenanstalten Fürth
in den Jahren 1970-1977

INAUGURAL – DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde

der Medizinischen Fakultät

der Friedrich - Alexander - Universität

Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

Peter Geißelsöder

aus

Nürnberg

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. V. Becker

Referent: Prof. Dr. F.P. Gall

Tag der mündlichen Prüfung: 14.02.1983

I N H A L T

EINLEITUNG	1
EIGENES PATIENTENKOLLEKTIV	
Alter und Geschlecht	5
Grunderkrankungen und Folgekrankheiten	7
Risikofaktoren	8
Klinische Stadieneinteilung (nach Fontaine)	8
Angiographische Untersuchung	11
Lokalisation und Ausdehnung des Verschlusses	12
METHODE UND TRANSPLANTATMATERIAL	
Technik	15
Lokalisation der distalen Anastomose	17
Postoperative Therapie	18
FRÜHERGEBNISSE	
Erfolgskriterien	19
Übersicht	19
Postoperative Letalität	21
Frühthrombosen	21
Abhängigkeit vom distalen Anschlußgefäß	22
Abhängigkeit vom präoperativen Ischämie-stadium	24
Abhängigkeit von der Anzahl der offenen Unterschenkelarterien	25
Abhängigkeit vom Transplantatmaterial	26

SPÄTERGEBNISSE

Übersicht	27
Postoperatives Ischämiestadium	30
Abhängigkeit von der postoperativ eingeleiteten Therapie	31
Abhängigkeit vom distalen Anschlußgefäß	32
Abhängigkeit vom präoperativen Ischämiestadium	34
Abhängigkeit von der Anzahl der offenen Unterschenkelarterien	35
Abhängigkeit vom Transplantatmaterial	36
Bleibende Verschlüsse	37

GESAMTERGEBNISSE

39

PROGNOSE

Life Table Analysis	41
Prognostische Faktoren	49
Das Modell von Cox	63

DISKUSSION

81

ZUSAMMENFASSUNG

87

LITERATUR

89

ANHANG

99

E I N L E I T U N G

Die arteriellen Durchblutungsstörungen nehmen in der Morbiditäts- und Mortalitätsstatistik der zivilisierten Länder die erste Stelle ein (60, 64). Stenosen und Verschlüsse von Gliedmaßenarterien finden sich häufig bereits bei Männern im mittleren Lebensalter. Reihenuntersuchungen in Betrieben ergaben in 3,6% der 50-54jährigen, in 5,2% der 55-59jährigen und in 7,5% der 60-64jährigen Personen einen Extremitätenarterienverschluß. Bei der Durchschnittsbevölkerung dürfte dieser Prozentsatz noch höher sein, denn alle Probanden waren berufstätig und von den fabrikärztlichen Diensten im Abstand von 1-2 Jahren regelmäßig untersucht, d. h., in Bezug auf Gesundheit positiv ausgewählt (72).

Für die Bundesrepublik Deutschland wurden bei Männern im Alter zwischen 16 und 65 Jahren Gliedmaßenarterienverschlüsse in der Größenordnung von 1/2 Million errechnet (30, 31). Größere Statistiken über den spontanen Verlauf der obliterierenden Angiopathien machen deutlich, daß davon etwa 20% innerhalb eines Jahrzehntes mit einer Amputation rechnen müssen (30, 73). In der BRD werden zur Zeit circa 15-20000 Beinamputationen jährlich wegen dieser Erkrankung durchgeführt (2, 31, 62).

Abgesehen von kongenitalen Mißbildungen und Verletzungen bilden zwei große Gruppen das Hauptkollektiv der arteriellen Verschlußerkrankungen: entzündliche und degenerativ-atherosklerotische Gefäßerkrankungen. Klinisch sind das die Endangitis obliterans und die ob-

literierende Atherosklerose (29, 34).

Die ENDANGITIS OBLITERANS (Thrombangitis obliterans Wi-niwarter-Bürger), mit 5-10% Häufigkeit unter den obliterierenden Angiopathien zu finden, tritt bevorzugt im 3. und 4. Lebensjahrzehnt auf. Es handelt sich um eine entzündliche Gefäßinnenwandserkrankung, bei deren Genese der Nikotinabusus eine entscheidende Rolle spielt (27, 29, 33, 34).

Die ATHEROSKLEROSE ist mit 90-95% die häufigste obliterierende Gefäßerkrankung (27, 34, 55). Trotz zahlreicher morphologischer, biochemischer und epidemiologischer Untersuchungen konnte die Pathogenese bis heute nicht eindeutig geklärt werden. Es scheint sich jedoch um ein multifaktorielles Geschehen zu handeln. Pathologisch-anatomische und epidemiologische Studien berechtigen zu der Annahme, daß Hypercholesterinämie, Hypertonie, Diabetes mellitus, Hyperurikämie und Nikotinabusus als sklerogene Faktoren anzusehen sind (25, 27, 29, 32, 33, 34, 37, 51, 62, 74). So wurde zum Beispiel nachgewiesen, daß bei Raucherinnen das Auftreten der ersten Symptome einer arteriellen Durchblutungsstörung der Extremitäten durchschnittlich 11,2 Jahre früher erfolgte, als bei Nichtraucherinnen (32).

Die Atherosklerose ist gekennzeichnet durch einen Elastizitätsverlust der Arterienwand und eine Verdickung der Intima mit herdförmigen, z. T. geschwürigen Veränderungen (Atheromen), die zu einer Einengung und Obliteration des Gefäßlumens führen. Dementsprechend tritt die Erkrankung hauptsächlich im höheren Lebensalter (50-60 Jahre) gehäuft auf (34, 62, 72).

Auf Grund dieser Tatsachen, der steigenden Lebenserwartung der Bevölkerung und der heutigen Altersstruktur

des angiologischen Krankengutes, d. h., einerseits erkranken immer mehr jüngere Personen an Verschlüßleiden und andererseits besteht die Bevölkerung in Deutschland bald zu fast 20% aus Menschen über 60 Jahren (64), gewinnt die Gefäßchirurgie immer mehr an Bedeutung, obwohl es sich eigentlich um eine relativ junge Wissenschaft handelt.

Erste Versuche einer chirurgischen Gefäßrekonstruktion wurden zu Beginn des 20. Jahrhunderts unternommen (5, 35, 65). *Cannell* führte erstmals eine zirkuläre Gefäßnaht durch und stellte Experimente mit Peritoneum als Arterienersatz an (5). *Lexer* benutzte 1907 die Vena saphena magna zur Wiederherstellung von verletzten Arterien (43).

Danach geriet dieses Gebiet wieder für einige Zeit in Vergessenheit. Erst seit etwa 1950 entwickelte sich die Gefäßchirurgie dann in raschen Schritten. *Dos Santos* beschrieb 1945 die erste erfolgreiche Endarteriektomie (59); *Kunlin* verwendete 1949 die Vena saphena als Bypass bei einem arteriellen Oberschenkelverschuß (47).

Später wurde das Verfahren zugunsten der Rekonstruktion mit einem Dacron-Bypass und der Endarteriektomie wieder verlassen. Da aber bei diesen beiden Techniken schlechte Spätergebnisse mit 50-80% Reverschlüssen auftraten, fand Mitte der sechziger Jahre die Verwendung des Venenbypasses erstmals größeren Zuspruch (66) und ist heute bereits als Routineoperation bei Verschlüssen der Oberschenkelarterien in vielen Kliniken erprobt und hinsichtlich der Spätergebnisse ausreichend erforscht (4, 13, 19, 24, 56).

Während das Vorgehen bei Obliterationen in der Becken- und der Oberschenkeletage schon standardisiert ist, und

man in diesen Abschnitten ein gutes postoperatives Ergebnis erwarten darf, bedeuteten Verschlüsse der terminalen A. poplitea mit Einbeziehung der Unterschenkelarterien für den Gefäßchirurgen lange Zeit ein therapeutisches Problem.

Als Erster beschreibt *Monnis* (48) 1959 Dacron-Bypässe unterhalb des Kniegelenkes. 1960 berichtet *Palma* (54) über vier durchgängige Venenbypässe auf die A. tibialis posterior. Im Jahr darauf führt *McCaughan* (6) Gefäßrekonstruktionen auf alle Unterschenkelarterien durch; *Ortner* (53) ersetzt ein Segment der A. tibialis posterior durch eine autologe Vene. 1962 hat *Dale* (10) mit 5 von 6 Transplantaten auf die gleiche Arterie Erfolg. 1964 beschreiben *Mannick* und *Hume* (44) drei, 1966 *McCaughan* (7) vier und *Garrett* und *DeBakey* (22) drei ähnliche Fälle. Weitere Operationen folgten (1, 23, 39, 47, 52, 68).

Heute werden femoro-krurale Revaskularisationen bereits in größerem Umfang an wenigen Kliniken durchgeführt. Allerdings sind noch nicht sehr viele statistisch zuverlässige Veröffentlichungen über Langzeitergebnisse erschienen.

Vorliegende Arbeit stellt nun die Spätergebnisse von Gefäßrekonstruktionen am Unterschenkel bei einer größeren Anzahl von Patienten ausführlich dar. Außerdem wurde versucht, prognostische Faktoren, die das Schicksal des Bypasses beeinflussen, zu finden.

E I G E N E S P A T I E N T E N K O L L E K T I V

In der Zeit von Juni 1970 bis November 1977 wurden in der chirurgischen Klinik des Stadtkrankenhauses Fürth 191 Patienten an 211 Extremitäten wegen peripherer arterieller Durchblutungsstörungen mit Verschuß der A. femoralis superficialis sowie der A. poplitea und der Unterschenkeltrifurkation operativ behandelt. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Anzahl der Operationen in den betreffenden Jahren.

Tabelle 1: Operationshäufigkeit bei 211 femoro-kruralen Rekonstruktionen, nach Operationsjahren geordnet

Jahr	70	71	72	73	74	75	76	77
Anzahl der Rekonstruktionen	2	9	25	10	29	46	43	47

Alter und Geschlecht

Das durchschnittliche Lebensalter zum Zeitpunkt der Operation betrug 61,2 Jahre ($s = \pm 11,02$ Jahre) mit einem Altersgipfel im 6. Dezenium (Abbildung 1).

Mehr als die Hälfte der Kranken (64,9%) hatten bereits das 6., 20,9% sogar das 7. Lebensjahrzehnt überschritten; nur 12,0% waren jünger als 40 Jahre.

Die jüngste Patientin, eine 21jährige Frau mit einem kompletten traumatischen Verschuß der A. poplitea im Ischämienstadium IV, konnte durch einen kurzstreckigen femoro-kruralen Bypass vor der Amputation bewahrt wer-

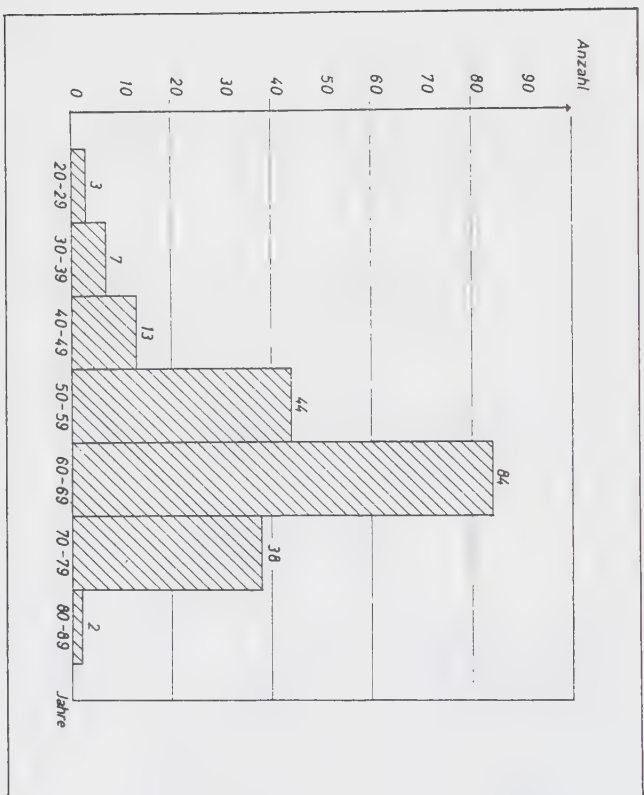


Abbildung 1: Altersverteilung von 191 Patienten mit femoralkruralen Verschlüssen

den. Als ältester Patient unterzog sich ein 84jähriger Diabetiker einer Revaskularisation.

Mit 152 Männern (79,6%) und 39 Frauen (20,4%) lag das Verhältnis Männer:Frauen fast bei 4:1.

Grunderkrankungen und Folgekrankheiten

Bei 180 Patienten (94,2%) war die Ursache für die arterielle Verschlusskrankheit eine obliterierende Atherosklerose, in 8 Fällen (4,2%) lag eine Endangitis obliterans vor. Zweimal (1,1%) wurde ein thrombosiertes Aneurysma der A. poplitea reseziert, in einem Fall handelte es sich um einen femoro-poplitealen Verschluss nach Kniegelenksluxation.

Als Folge der generalisierten Gefäßerkrankung bestand bei 109 Patienten (57,1%) zum Zeitpunkt der Operation eine Koronarinsuffizienz. In 27 Fällen (14,1%) konnten im EKG Zeichen alter Myokardinfarkte nachgewiesen werden. Ein apoplektischer Insult ging 11mal (5,8%) voraus.

15 Kranke hatten schon eine Amputation des anderen Beines hinter sich. Die Beckenetape war vor der kruralen Revaskularisation 13mal durch eine Dacron-Y-Prothese und 22mal mit einer einschenkeligen Prothese korrigiert worden. Ein femoro-poplitealer Bypass bestand in 33 Fällen bereits vor der Unterschenkelrekonstruktion.

Risikofaktoren

Als Diabetiker sahen wir alle Patienten an, bei denen sich eine mit Insulin, oralen Antidiabetika oder diätetisch behandlungsbedürftige Hyperglykämie fand.

Kranke, die systolische Blutdruckwerte von mehr als 160 mm Hg aufwiesen, oder die blutdrucksenkende Medikamente einnahmen, zählten als Hypertoniker.

Eine Hyperurikämie diagnostizierten wir bei Serumwerten von mindestens 8 mg%, eine Hypercholesterinämie bei Serumcholesterinwerten von über 250 mg%.

Jeder Patient, der einen regelmäßigen Genuß von mehr als 10 Zigaretten pro Tag angab, wurde als Raucher eingestuft. Gelegentlicher Tabakkonsum oder nichtinhalierendes Pfeifen- und Zigarrenrauchen blieb unberücksichtigt.

Tabelle 2 gibt Aufschluß über die Verteilung dieser Risikofaktoren bei den 191 Patienten.

Die Gesamtsumme liegt deutlich über 100%, weil sich oft gleich ein ganzes Bündel Faktoren zeigte. Lediglich bei 24 Kranken (12,6%) waren keine Risikofaktoren festzustellen. Dagegen hatten 62,8% der Patienten unter 2 und mehr Krankheiten zu leiden. Einen Überblick gibt Tabelle 3.

Klinische Stadieneinteilung (nach Fontaine)

Die arteriellen Verschußkrankheiten werden nach Fontaine, ihrem Kompensationsgrad entsprechend, in 4 Stadien eingeteilt:

Stadium I: vollständige Kompensation, keine oder ge-

Tabelle 2: Risikofaktoren bei 191 Patienten mit femoro-kruralen Gefäßverschlüssen

	Zahl der Patienten	
Diabetes mellitus	78	(40,8%)
Hypertonie	93	(48,7%)
Hypercholesterinämie	43	(22,5%)
Hyperurikämie	28	(14,7%)
Nikotin	116	(60,7%)

Tabelle 3: Häufung der Risikofaktoren bei 191 Patienten mit femoro-kruralen Verschlüssen

Anzahl der Risikofaktoren	Zahl der Patienten	
0	24	(12,6%)
1	47	(24,6%)
2	66	(34,5%)
3	39	(20,4%)
4	13	(6,8%)
5	2	(1,1%)

legentlich atypische Mißempfindungen, vorwiegend bei extremen Muskelleistungen;

Stadium IIa: relativ gute Kompensation; nach Belastung auftretender Schmerz, Gehleistung herabgesetzt (Claudicatio intermittens), aber noch ausreichend für berufliche und private Anforderungen;

Stadium IIb: schlechte Kompensation; stark einschränkende Claudicatio, Arbeitsunfähigkeit;

Stadium III: Verschuß, schlecht entwickelter Kollateralkreislauf; Hautdurchblutung beeinträchtigt, Ruheschmerz;

Stadium IV: fehlende Kompensation; umschriebene Ischämie mit Läsionen und akralen Nekrosen.

Da bei 191 Patienten 211 Rekonstruktionen durchgeführt wurden, d. h., in mehreren Fällen eine Revaskularisation an beiden Extremitäten nötig war, wird im Folgenden nicht mehr von Patienten, sondern nur noch von Extremitäten bzw. Bypassoperationen die Rede sein.

Die Ischämiestadien beim kruralen Wiederanschluß sind in Tabelle 4 wiedergegeben. Das Stadium IIb mit sehr starker Berufseinschränkung und einer schmerzlosen Gehstrecke von höchstens 100-150 m lag 37mal (17,5%) vor. Im Stadium III und IV, mit unerträglichen Ruheschmerzen bzw. Ulzera oder akralen Nekrosen, fanden wir 82,5% aller Fälle. Von der Amputation besonders bedroht, stellten sie eine absolute Indikation für eine femoro-krurale Rekonstruktion dar.

Tabelle 4: Präoperatives Ischämienstadium bei 211 femoro-kruralen Rekonstruktionen

Ischämienstadium	Anzahl	
I Ib	37	(17,5%)
III	66	(31,3%)
IV	108	(51,2%)

Angiographische Untersuchung

Voraussetzung für eine erfolgreiche Gefäßrekonstruktion am Unterschenkel ist eine Angiographie mit exakter Abbildung des Gefäßsystems. Sie kann durch translumbale oder Seldinger-Angiographie bei ausgedehnten Verschlüssen der femoro-poplitealen Etage nicht immer erreicht werden, da es wegen mangelhafter Kollateralenbildung und fehlendem Kontrastmittelangebot teilweise nur zu einer unvollständigen Auffüllung noch offener Unterschenkelgefäße kommt.

Bei nicht ausreichender Darstellung der Gefäßperipherie wurde deshalb zur weiteren Abklärung der distalen Gefäßsituation immer eine direkte Punktion der A. femoralis vorgenommen. Durch diese zusätzliche Feinnadelangiographie zeigte sich bei 44 von 211 femoro-kruralen Verschlüssen, das sind mehr als 20%, noch mindestens eine freie Unterschenkelarterie. Damit war die Voraussetzung für eine erfolgreiche Rekonstruktion gegeben. Bei 4 weiteren Patienten mit negativem Angiographiebe-

fund entdeckten wir erst nach Probefreilegung und einer Gefäßdarstellung auf dem Operationstisch durchgängige Arterien.

Lokalisation und Ausdehnung des Verschlusses

Angiographisch lassen sich schematisiert 4 Verschlußtypen unterscheiden (Abbildung 2). Am häufigsten, bei 143 Fällen (67,8%), fand sich ein langstreckiger, kompletter Verschluß der Femoro-Popliteal-Etage, den wir als Typ I bezeichneten. Dagegen lag ein isolierter Popliteaverschluß (Typ II) nur 43mal (20,4%) vor. Typ III, eine langstreckige Okklusion der A. femoralis mit offenem Popliteasegment und zusätzlichen Obliterationen der Trifurkation wurde an 10 Extremitäten (4,7%) festgestellt. Ausgedehnte Stenosierungen vom Leistenband bis in den Unterschenkel mit zusätzlichen kurzstreckigen Verschlüssen (Typ IV) kamen 15mal (7,1%) vor.

Über das Ausmaß der Okklusion und die Anzahl der noch offenen kruralen Arterien mit ausreichendem Kaliber für eine mögliche Anastomose gibt Tabelle 5 Auskunft.

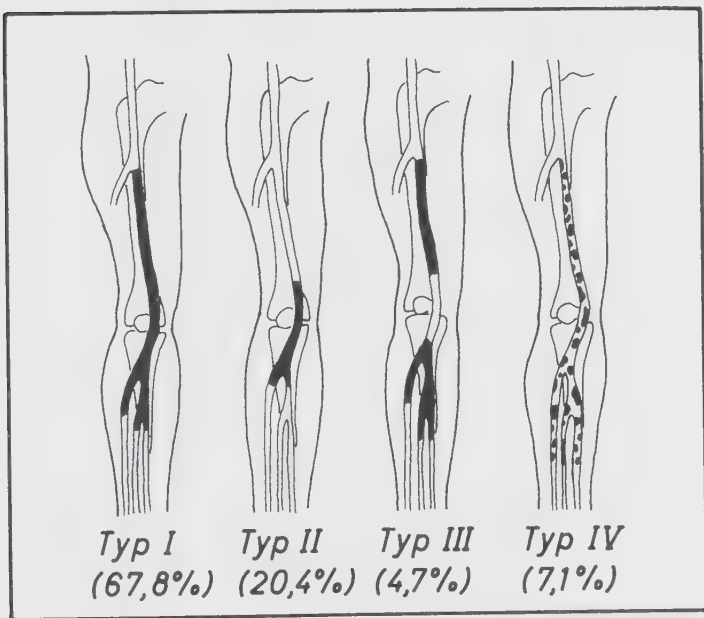


Abbildung 2: Verschlußtypen bei 211 femoro-cruralen Okklusionen

Tabelle 5: Verschlußausdehnung am Unterschenkel bei 211 femoro-kruralen Rekonstruktionen

Verschluß- höhe	Unterschenkelarterien	Anzahl
distal der Trifurkation	3 Arterien offen	23 (10,9%)
	2 Arterien offen	53 (25,1%)
	1 Arterie offen	97 (46,0%)
	Gesamt	173 (82,0%)
im Malleolar- bereich	3 Arterien offen	2 (0,9%)
	2 Arterien offen	13 (6,2%)
	1 Arterie offen	23 (10,9%)
	Gesamt	38 (18,0%)

M E T H O D E U N D T R A N S P L A N T A T M A T E R I A L

Für die Strombahnwiederherstellung beim femoro-kruralen Arterienverschluß wählen wir grundsätzlich die Bypass-Methode. Voraussetzung dafür ist der angiographische Nachweis mindestens einer frei durchgängigen Unterschenkelarterie.

Kontraindikationen für den meist zwei- bis dreistündigen Eingriff sind kardio-pulmonale oder zerebrale Dekompensation, nicht jedoch das hohe Alter bei weitgehend normalen Vitalfunktionen.

Technik

Als Methode der Wahl wird die Vena saphena magna desselben Beines entnommen, nach Ligatur aller Seitenäste umgedreht, und als autologes Transplantat in End-zu-Seit-Technik mit offenen Gefäßsegmenten anastomosiert. Das proximale Ende der Vene kann in den meisten Fällen, teilweise nach lokaler Endarteriektomie, an die A. femoralis communis angenäht werden. Der krurale Wiederanschluß erfolgt auf die stärkste Arterie mit gutem distalen Ausfluß.

Die Vene muß einen Außendurchmesser zwischen 4 und 6 mm haben. Dünn- oder dicklumige, bzw. variköse Venen finden wegen der Gefahr postoperativer Störungen keine Anwendung.

In unserem Krankengut konnten wir 116mal eine geeignete, genügend lange Vene gewinnen, um nach dieser Metho-

de vorzugehen.

Wenn keine Vene vorhanden ist, die in der ausreichenden Länge das benötigte Kaliber aufweist, benützen wir eine Kombination aus Prothese und Vene. Eine Sauvage-, Dacron/Velour- oder, ab 1976, eine gegossene Teflon-Prothese (Gore-Tex^R) umgeht den Oberschenkelarterienverschluß und wird proximal des Kniegelenkes End-zu-End, bei noch offenem Popliteasegment, auch End-zu-Seit, mit der kurzen Vene anastomosiert, so daß diese den kniegelenksüberschreitenden Bereich überbrückt.

Mit dieser Technik konnten wir in 44 Fällen vorgehen.

Bei 31 Rekonstruktionen stand nicht einmal eine geeignete kurze Vene zur Verfügung, weil entweder eine tiefe Femoralvenenthrombose abgelaufen, die Vena saphena magna bereits durch eine vorausgegangene Varizenoperation mit entfernt oder zu einem femoro-poplitealen Bypass verwendet worden war. Hier haben wir eine lange Gore-Tex^R-Prothese vom Leistenband bis in den Unterschenkel implantiert.

Tabelle 6: Verwendetes Transplantatmaterial bei 211 femoro-kruralen Rekonstruktionen

Material	Anzahl	
ausreichend langes Venentransplantat	136	(64,5%)
kurzes Venensegment und Prothese	44	(20,8%)
lange Prothese	31	(14,7%)

Lokalisation der distalen Anastomose

Für die krurale Anastomose bevorzugten wir die A. tibialis posterior, wenn sich diese als durchgängig erwies. Anderenfalls wurde der Bypass mit der A. tibialis anterior anastomosiert. Nur wenn auch dieses Gefäß verschlossen war, benützten wir die A. fibularis zur Revascularisation.

Der distale Wiederanschluß erfolgte 103mal (48,8%) im proximalen, 97mal (46,0%) im mittleren und 11mal (5,2%) im distalen Unterschenkeldrittel.

Tabelle 7: Lokalisation der distalen Anastomose bei 211 femoro-kruralen Rekonstruktionen

distale Anastomose		Anzahl	
A. tibialis post.	114	(54,0%)	
	prox. Drit.	66	(31,3%)
	mitt. Drit.	41	(19,4%)
	dist. Drit.	7	(3,3%)
A. tibialis ant.	67	(31,8%)	
	prox. Drit.	24	(11,4%)
	mitt. Drit.	39	(18,5%)
	dist. Drit.	4	(1,9%)
A. fibularis	30	(14,2%)	
	prox. Drit.	13	(6,2%)
	mitt. Drit.	17	(8,0%)
Prox. Drittel	103	(48,9%)	
Mitt. Drittel	97	(45,9%)	
Dist. Drittel	11	(5,2%)	

Postoperative Therapie

Um Früh- oder Spätthrombosen wegen des Kalibersprungs an der distalen Anastomose zu vermeiden, erhielten alle Patienten, soweit keine Kontraindikationen bestanden, postoperativ ein Cumarinderivat (Marcumar^R) oder einen Thrombozytenaggregationshemmer (Colfarit^R). Tabelle 8 gibt darüber nähere Auskünfte.

Tabelle 8: Postoperative medikamentöse Therapie bei 211 femoro-kruralen Rekonstruktionen

Medikament	Anzahl	
Marcumar ^R	155	(73,4%)
Colfarit ^R	24	(11,4%)
keine Therapie	32	(15,2%)

FRÜHERGEBNISSE

Erfolgskriterien

Den Operationserfolg beurteilten wir in den meisten Fällen nach dem klinischen Bild, durch Pulspalpation und Oszillographie. Bei einem Bypass auf die A. tibialis posterior mußte ein entsprechender Puls hinter dem medialen Knöchel - auf die A. tibialis anterior der Puls der A. dorsalis pedis und auf die A. fibularis wenigstens der Transplantatpuls in der Kniekehle tastbar sein. In Zweifelsfällen wurde die Durchgängigkeit der Umgehung postoperativ durch ein Angiogramm überprüft.

Ein gutes Frühergebnis war gegeben, wenn sich die kraniale Rekonstruktion am Tag der Klinikentlassung als funktionstüchtig erwies.

Übersicht

Bei 177 Revaskularisationen traten keinerlei Komplikationen auf. Die Patienten konnten im Durchschnitt nach 14 Tagen mit offenem Bypass entlassen werden. Innerhalb der ersten 30 postoperativen Tage gab es 4 Todesfälle, 30mal kam es zu einer Frühthrombose. Einen Überblick geben Tabelle 9 und 10.

Tabelle 9: Frühergebnisse und postoperative Komplikationen nach 211 femoro-kruralen Rekonstruktionen

Operationsergebnisse		Anzahl	
postoperative Letalität		4	(1,9%)
Rekonstruktionen bei Entlassung durchgängig		186	(88,2%)
Frühthrombose	30	(14,2%)	
erfolgreich reoperiert	9	(4,3%)	
erfolglose Revision, Entlassung mit bleibendem Verschuß		6	(2,8%)
Frühamputation		15	(7,1%)

Tabelle 10: Frühergebnisse nach 211 femoro-kruralen Rekonstruktionen, nach Operationsjahren geordnet

Operations-jahr	Anzahl	Früh-tod	Früh-ampu-tation	bleiber-der Ver-schuß	durch-gängig ent-lassen
1970	2				2
1971	9				9
1972	25			2	23
1973	10		1	1	8
1974	29			1	28
1975	46	2	5		39
1976	43	1	2	1	39
1977	47	1	7	1	38
Gesamt	211	4 (1,9%)	15 (7,1%)	6 (2,8%)	186 (88,2%)

Postoperative Letalität

3 Patienten verstarben an den Folgen eines frischen Myokardinfarktes am 4., 11. und 15. Tag nach der Operation. In allen 3 Fällen war die Revaskularisation bis zum Tode durchgängig.

Bei einem Patienten verschloß sich der Bypass. Am 28. postoperativen Tag, 10 Tage nach einem erfolglosen Revisionsversuch, erfolgte der Tod im kardiogenen Schock nach einem Hinterwandinfarkt.

Frühthrombosen

Innerhalb der ersten 30 Tage ereigneten sich 30 Frühthrombosen. Als Ursachen ermittelten wir 9mal einen zu schlechten distalen Ausfluß, 5mal eine Plaqueablösung, 2mal eine massive Infektion der Wunde, einmal eine zu straff gespannte Vene und einmal riß die proximale Anastomose aus. In den restlichen 12 Fällen fanden sich keine erkennbaren Gründe.

Bei 15 betroffenen Patienten war eine Amputation unumgänglich. In 6 Fällen konnte infolge intensiver konservativer Therapie und z. T. durch den verbesserten Profundaeinstrom das Bein erhalten werden. Diese Kranken verließen die Klinik ohne Ruheschmerzen.

Bei 9 Patienten gelang es, den verschlossenen Bypass zu revidieren und sie mit einer funktionstüchtigen Rekonstruktion zu entlassen (Tabelle 9).

Abhängigkeit vom distalen Anschlußgefäß

Gliedert man die Frühergebnisse nach der Lokalisation der distalen Anastomose, so hatten die am häufigsten angewandten Revaskularisationen auf die A. tibialis posterior die höchste Erfolgsquote. Von den 114 durchgeführten Operationen erwies sich in 103 Fällen (90,3%) die Umgehung als offen.

Bei einem Bypass auf eine der anderen beiden Unterschenkelarterien lagen die Ergebnisse etwas schlechter. Zwischen der A. tibialis anterior mit 85,9% und der A. fibularis mit 86,7% funktionstüchtigen Transplantaten zeigte sich jedoch kein großer Unterschied.

Auffallend ist der mit 11,9% hohe Anteil von Früamputationen bei Anschlüssen auf die A. tibialis anterior. Der einzige Patient, der mit einer verschlossenen Rekonstruktion in der Klinik verstarb, hatte ebenfalls eine Umgehung auf diese Arterie erhalten.

Je tiefer der krurale Wiederanschluß erfolgte, um so schlechtere Frühergebnisse resultierten. Wurde die distale Anastomose im proximalen Unterschenkel Drittel angelegt, blieb das Transplantat in 90,3% aller Fälle offen. Bei Revaskularisationen im mittleren Drittel war in 87,6% und im distalen Drittel nur in 72,7% der Operationen eine freie Durchgängigkeit des Bypasses bei der Entlassung gegeben (siehe Tabelle 11).

Tabelle 11: Frühergebnisse nach 211 femoro-kruralen Rekonstruktionen in Abhängigkeit von der distalen Anastomose

distale Anastomose	Anzahl	Früh-tod	Früh-ampu-tation	bleiben-der Ver-schluß	durch-gängig ent-lassen
A. tib. post.	114	2 (1,8%)	5 (4,4%)	4 (3,5%)	103 (90,3%)
prox. Dr.	66	1	4	1	60
mitt. Dr.	41	1	1	3	36
dist. Dr.	7				7
A. tib. ant.	67	1 (1,5%)	8 (11,9%)	1 (1,5%)	57 (85,1%)
prox. Dr.	24		1		23
mitt. Dr.	39	1	4	1	33
dist. Dr.	4		3		1
A. fibu-laris	30	1 (3,3%)	2 (6,7%)	1 (3,3%)	26 (86,7%)
prox. Dr.	13	1	2		10
mitt. Dr.	17			1	16
prox. Drittel	103	2 (1,9%)	7 (6,8%)	1 (1,0%)	93 (90,3%)
mitt. Drittel	97	2 (2,0%)	5 (5,2%)	5 (5,2%)	85 (87,6%)
dist. Drittel	11		3 (27,3%)		8 (72,7%)

Abhängigkeit vom präoperativen Ischämiestadium

Rekonstruktionsversuche im Ischämiestadium IIb gelangen in 94,6%, im Stadium III in 92,5% und im Stadium IV in 83,3% aller Fälle. Daraus ist ersichtlich, daß bei ausgeprägter Verschlußsymptomatik Revaskularisationsoperationen in wenigeren Fällen zum Erfolg führten, als bei besser kompensierten Obliterationen.

Dementsprechend kam es im Stadium IIb auch nur einmal (2,7%) zur Frühamputation. Im Stadium III konnten dagegen 3 (4,5%) und im Stadium IV sogar 11 Extremitäten (10,2%) nicht erhalten werden (Tabelle 12).

Tabelle 12: Frühergebnisse nach 211 femoro-kruralen Rekonstruktionen in Abhängigkeit vom präoperativen Ischämiestadium

präoperatives Ischämiestadium	Anzahl	Früh-tod	Früh-ampu-tation	bleiben-der Ver-schluß	durch-gängig ent-lassen
IIb	37		1 (2,7%)	1 (2,7%)	35 (94,6%)
III	66	1 (1,5%)	3 (4,5%)	1 (1,5%)	61 (92,5%)
IV	108	3 (2,8%)	11 (10,2%)	4 (3,7%)	90 (83,3%)

Abhängigkeit von der Anzahl der
offenen Unterschenkelarterien

Von 173 Rekonstruktionen mit einer oder mehr durchgängigen Arterien distal der Trifurkation wurden 156 (90,2%) mit funktionstüchtigem Bypass entlassen.

Dagegen hatten 30 von 38 Fällen (78,9%), bei denen sich im Angiogramm nur noch im Malleolarbereich freie Gefäße darstellten, am Tag der Entlassung offene Transplantate.

Je mehr durchgängige Unterschenkelarterien vorhanden waren, um so häufiger ergaben sich bessere Frühergebnisse. So verliefen bei 3 freien Gefäßen alle, bei einer Arterie dagegen nur 86,6% der Operationen erfolgreich. Einzelheiten sind Tabelle 13 zu entnehmen.

Tabelle 13: Frühergebnisse nach 211 femoro-kruralen Rekonstruktionen in Abhängigkeit von der Anzahl der primär offenen Unterschenkelart.

Anzahl der offenen Arterien	Anzahl	Früh-tod	Früh-amputation	bleiben-der Ver-schluß	durch-gängig ent-lassen
distal der Tri-fur-kation	3	23			23 (100,0%)
	2	53	2 (3,8%)	2 (3,8%)	49 (92,4%)
	1	97	3 (3,1%) 8 (8,2%)	2 (2,1%)	84 (86,6%)
im Mal-leo-lar-be-reich	3	2			2 (100,0%)
	2	13	1 (7,7%)	1 (7,7%)	11 (84,6%)
	1	23	1 (4,3%) 4 (17,5%)	1 (4,3%)	17 (73,9%)

Abhängigkeit vom Transplantatmaterial

Von 136 reinen Venenbypassen zeigten sich 124 (91,2%) bei der Entlassung durchgängig, womit dieses Verfahren die besten Frühergebnisse erzielte. Etwas schlechter schnitten Kombinationen aus kurzem Venensegment und Prothese mit 88,7% offenen Transplantaten ab. Die Amputationsraten hatten mit 4,4% bzw. 4,5% bei beiden Techniken etwa die gleiche Größenordnung.

Die 31 Fälle, bei denen ein langer Prothesenbypass verwendet werden mußte, erzielten die schlechtesten Resultate. Nur 23 Rekonstruktionen (74,2%) verliefen zufriedenstellend. Der Anteil der Frühamputationen lag mit 22,6% auffallend hoch (tabelle 14). Allerdings fielen in diese Gruppe auch die meisten derjenigen Patienten, die bereits erfolglos mit einem femoro-poplitealen Bypass voroperiert waren.

Tabelle 14: Frühergebnisse nach 211 femoro-kruralen Rekonstruktionen in Abhängigkeit vom Transplantatmaterial

Material	Anzahl	Früh-tod	Früh-ampu-tation	bleiben-der Ver-schluß	durch-gängig ent-lassen
ausreichend lange Vene	136	2 (1,5%)	6 (4,4%)	4 (2,9%)	124 (91,2%)
kurzes Venensegment und Prothese	44	2 (4,5%)	2 (4,5%)	1 (2,3%)	39 (88,7%)
lange Prothese	31	0	7 (22,6%)	1 (3,2%)	23 (74,2%)

S P Ä T E R G E B N I S S E

Übersicht

Wir haben alle 186 durchgängigen Revaskularisationen katalogisiert, die Patienten angeschrieben und zu einer Nachuntersuchung einbestellt. Wer auch nach der zweiten Aufforderung nicht erschien, wurde aufgesucht. So konnte jeder Bypass durch eine persönliche Kontrolle beurteilt werden.

Tabelle 15: Ermittelte Spätergebnisse von ursprünglich 211 femoro-kruralen Rekonstruktionen

Rekonstruktionen	
Schlechte Frühergebnisse	25 (11,9%)
Spätergebnisse ermittelt	182 (86,2%)
persönlich nachuntersucht	115 (54,5%)
Bein zwischenzeitlich amputiert	26 (12,3%)
Patienten inzwischen verstorben, Ergebnisse zum Zeitpunkt des Totes durch Befragung von Hausarzt und Angehörigen ermittelt	41 (19,4%)
keine Spätergebnisse zu ermitteln	4 (1,9%)
Patienten verstorben	3 (1,4%)
Patienten nicht erreicht	1 (0,5%)

Insgesamt liegen Spätergebnisse von 182 Rekonstruktionen vor. Ein Patient war leider trotz intensiver Nachforschungen nicht zu erreichen, da er zwischenzeitlich den Wohnort gewechselt hatte, ohne am Einwohnermeldeamt seine neue Adresse anzugeben.

Bei 44 inzwischen verstorbenen Patienten ermittelten wir in 41 Fällen durch Befragung des Hausarztes und der Angehörigen das Ergebnis. Dreimal lebte der zuletzt behandelnde Arzt des Toten nicht mehr, deshalb liegen uns hier keine gesicherten Resultate vor.

Von den ursprünglich 211 ist damit das Schicksal von 207 Bypässen, das sind 98,1%, restlos aufgeklärt. Im Folgenden werden aber nur noch die 186 Rekonstruktionen mit guten Frühergebnissen besprochen.

Für ein gutes Spätergebnis galten die gleichen Kriterien, wie bei der Entlassung aus der Klinik.

Bei einem Verstorbenen war der Zustand der Umgehung zum Zeitpunkt des Todes ausschlaggebend.

Im Beobachtungszeitraum von 2-9 Jahren blieben von 186 Revaskularisationen 83 (44,6%) frei durchgängig. In 34 Fällen (18,3%) verstarb der Patient mit offenem Bypass.

32mal (17,2%) obliterierte zwar die Umgehung, das Bein blieb jedoch erhalten. Bis auf 2 Ausnahmen mit Ruheschmerzen bestand bei der Nachuntersuchung eine tolerable Claudicatio intermittens. 7 Patienten (3,7%) verstarben mit verschlossener Rekonstruktion.

Eine Spätamputation mußte in 26 Fällen (14,0%) durchgeführt werden, 4mal (2,2%) gelang es uns nicht, ein gesichertes Ergebnis zu ermitteln.

Einen zusammenfassenden Überblick der Spätergebnisse, nach Operationsjahren geordnet, gibt Tabelle 16.

Tabelle 16: Spätergebnisse nach 186 femoro-kruralen Rekonstruktionen, nach Operationsjahren geordnet

Operations-jahr	Anzahl	Bypass durchgängig	Bypass verschlossen	Amputation	kein Ergebnis zu ermitteln
1970	2	1		1	
1971	9	3/ 1†	3	2	
1972	23	8/ 6†	3/ 4†	2	
1973	8	2/ 4†		2	
1974	28	9/ 7†	6/ 1†	4	1
1975	39	23/ 5†	6	3	2†
1976	39	18/ 8†	4/ 1†	7	1†
1977	38	19/ 3†	10/ 1†	5	
Gesamt	186	83/34† (62,9%)	32/ 7† (20,9%)	26 (14,0%)	1/ 3† (2,2%)

† verstorbene Patienten

Postoperative Ergebnisse

Es sind 24 Patienten für chirurgische Revaskularisationen des linken Herzkreislaufes (20,8%) in 10 Fällen (41,7%), in 14 (58,3%) in Stadium Ia und nur 5 (20,8%) wurden mittels Katheter in Stadium III in die arteriellen Gefäßsysteme verbracht, von denen als 150 %.

Bei den 24 operierten Patienten sind bei 20 Patienten, so dass sich 83,3% (20,8%) der operierten Patienten betrafen, von denen als 200 %, 100% (20,8%) der operierten Patienten in der ersten Phase (2,2%) starb. Ruhe-schmerzmittel auf.

In Tabelle 1 sind die verstorbenen unter Berücksichtigung der in der ersten Phase verstorbenen Patienten dargestellt.

Tabelle 1: Postoperative Ergebnisse nach 100 Fällen

Stadium	Stadium I	Stadium II	Stadium III	Stadium IV	Stadium V
Stadium	I	II	III	IV	V
Stadium	35/47 74,5%	45/207 21,4%	5/27 18,0%		
Stadium		11 20,2%	10/27 37,0%	2 7,4%	1+ 2,8%

* verstarbene Patienten

Abhängigkeit von der postoperativ
eingeleiteten Therapie.

Bei der Klinikentlassung erhielten 153 (82,2%) der 186 Patienten mit gutem Frühergebnis Marcumar^R, 23 (12,4%) Colfarit^R und in 10 Fällen (5,4%) kam es zu keiner antikoagulierenden Therapie.

Von den ursprünglich mit Marcumar^R behandelten Rekonstruktionen waren bei der Nachuntersuchung, bzw. zum Zeitpunkt des Todes, noch 95 (62,1%) durchgängig. Mit der Einnahme von Colfarit^R erzielten 16 Patienten (69,6%) ein gutes Spätergebnis (Tabelle 18).

Diese Zahlen spiegeln allerdings nur die eingeleitete Antikoagulantienbehandlung zum Zeitpunkt der Entlassung wieder. In vielen Fällen wurde die Therapie in der Zwischenzeit vom Hausarzt oder vom Patienten eigenmächtig abgesetzt, ohne daß bei der Nachuntersuchung genaue Angaben gemacht werden konnten.

Tabelle 18: Spätergebnisse nach 186 femoro - kruralen Rekonstruktionen in Abhängigkeit von der postoperativ eingeleiteten Therapie

The- rapie	An- zahl	Bypass durch- gängig	Bypass ver- schlos- sen	Ampu- tation	kein Er- gebnis zu er- mitteln
Mar- cumar ^R	153	74/21† (62,1%)	29/ 8† (22,9%)	19 (12,4%)	1/ 3† (2,6%)
Col- farit ^R	23	8/ 8† (69,6%)	1 (4,3%)	6 (26,1%)	
keine The- rapie	10	1/ 5† (60,0%)	2/ 1† (30,0%)	1 (10,0%)	

† verstorbene Patienten

Abhängigkeit vom distalen Anschlußgefäß

Ähnlich dem Frühergebnis wiesen auch nach längerer Zeit Revaskularisationen auf die A. tibialis posterior die höchste Gesamtöffnungsrate (69,9%) auf.

Trug die A. tibialis anterior die distale Anastomose, so blieben 29 (50,9%) der ursprünglich 57 Rekonstruktionen durchgängig.

Von den 27 Patienten, die mit einem funktionstüchtigen Bypass auf die A. fibularis entlassen worden waren, hatten 14 (51,9%) offene Transplantate. Es zeigt sich, daß die A. fibularis als distales Anschlußgefäß zwar schlechtere Spätergebnisse als die A. tibialis posterior aufweist, aber etwas besser abschneidet, als die A. tibialis anterior.

Betrachtet man die Erfolge in Abhängigkeit von der Anschlußhöhe, so wird deutlich, daß, im Gegensatz zum Frühergebnis, alle Unterschenkel Drittel ungefähr gleich gut abschneiden (Tabelle 19).

Tabelle 19: Spätergebnisse nach 186 femoro-kruralen Rekonstruktionen in Abhängigkeit von der distalen Anastomose

distale Anastomose	Anzahl	Bypass durchgängig	Bypass verschlossen	Amputation	kein Ergebnis zu ermitteln
A. tib. post.	103	47/25+ (69,9%)	16/ 6+ (21,3%)	8 (7,8%)	1 (1,0%)
prox. Dr.	60	25/16+	10/ 3+	6	
mitt. Dr.	36	18/ 8+	5/ 3+	2	
dist. Dr.	7	4/ 1+	1		1
A. tib. ant.	57	25/ 4+ (50,9%)	11/ 1+ (21,0%)	15 (26,3%)	1+ (1,8%)
prox. Dr.	23	12/ 2+	5	4	
mitt. Dr.	33	13/ 2+	5/ 1+	11	
dist. Dr.	1		1		1+
A. fibularis	26	11/ 5+ (61,6%)	5 (19,2%)	3 (11,5%)	2+ (7,7%)
prox. Dr.	10	2/ 3+	2	2	1+
mitt. Dr.	16	9/ 2+	3	1	1+
Prox. Drittel	93	39/21+ (64,5%)	17/ 3+ (21,5%)	12 (12,9%)	1+ (1,1%)
Mitt. Drittel	85	40/12+ (61,2%)	13/ 4+ (20,0%)	14 (16,5%)	2+ (2,3%)
Dist. Drittel	8	4/ 1+ (62,5%)	2 (25,0%)		1 (12,5%)

+ verstorbene Patienten

Abhängigkeit vom präoperativen Ischämiestadium

Analog zu den Frühergebnissen hatten auch die Patienten, die im Stadium IIb operiert wurden, mit einer Öffnungsrate von 71,4% die besten Spätergebnisse.

Kam es im Stadium III zu einer Revaskularisation, ermittelten wir 63,9% und im Stadium IV sogar nur 58,9% durchgängige Transplantate.

Eine genaue Aufgliederung der Ergebnisse findet sich in Tabelle 20.

Tabelle 20: Spätergebnisse nach 186 femoro-kruralen Rekonstruktionen in Abhängigkeit vom präoperativen Ischämiestadium

präoperatives Ischämiestadium	Anzahl	Bypass durchgängig	Bypass verschlossen	Amputation	kein Ergebnis zu ermitteln
IIb	35	20/ 5† (71,4%)	5/ 1† (17,2%)	4 (11,4%)	
III	61	30/ 9† (63,9%)	13/ 3† (26,2%)	5 (8,2%)	1† (1,7%)
IV	93	33/20† (58,9%)	14/ 3† (18,9%)	17 (18,9%)	1/ 2† (3,3%)

† verstorbene Patienten

Abhängigkeit von der Anzahl der
offenen Unterschenkelarterien

Im Gegensatz zu den Frühergebnissen besteht auf lange Sicht kein Zusammenhang zwischen Öffnungsrate und Anzahl der präoperativ durchgängigen Unterschenkelgefäße (Tabelle 21).

Bei 96 (62,7%) der 156 Patienten mit mindestens einer offenen Arterie distal der Trifurkation fanden wir gute Spätergebnisse.

Von den 30 Fällen, in denen sich nur noch im Malleolarbereich Gefäße darstellten, waren bei der Nachuntersuchung noch 13 Revaskularisationen (70,0%) funktions-tüchtig.

Tabelle 21: Spätergebnisse nach 186 femoro-kruralen Rekonstruktionen in Abhängigkeit von der Anzahl der primär offenen Unterschenkelart.

Anzahl der offenen Arterien	Anzahl	Bypass durchgängig	Bypass verschlossen	Ampu-tation	kein Ergebnis zu er-mitteln	
distal der Tri-fur-kation	3	23	13/ 1† (60,9%)	4/ 1† (21,7%)	4 (17,4%)	
	2	49	21/11† (65,3%)	7/ 4† (22,5%)	6 (12,2%)	
	1	84	33/17† (59,5%)	15/ 2† (20,2%)	13 (15,5%)	
im Mal-leo-lar-be-reich	3	2	2 (100,0%)			
	2	11	3/ 3† (54,5%)	3 (27,3%)	2 (18,2%)	
	1	17	11/ 2† (76,5%)	3 (17,6%)	1 (5,9%)	

† verstorbene Patienten

Abhängigkeit vom Transplantatmaterial

Der Venenbypass, mit einer Durchgängigkeitsrate von 66,9%, erzielte, wie schon beim Frühergebnis, auch die besten Spätresultate. Je mehr Kunststoffprothesen verwendet werden mußten, um so geringer war die Öffnungsrate (Kombination kurze Prothese + Vene: 59,0%; langer Prothesenbypass: 47,8%).

Die gleiche Tendenz gilt auch für die Beinerhaltung. Die Unterschiede zwischen den Materialien sind hier allerdings deutlich geringer (Tabelle 22).

Tabelle 22: Spätergebnisse nach 186 femoro-kruralen Rekonstruktionen in Abhängigkeit vom Transplantatmaterial

Material	Anzahl	Bypass durchgängig	Bypass verschlossen	Amputation	kein Ergebnis zu ermitteln
ausreichend lange Vene	124	57/26† (66,9%)	17/ 6† (18,6%)	16 (12,9%)	1/ 1† (1,6%)
kurzes Venensegment und Prothese	39	18/ 5† (59,0%)	7/ 1† (20,5%)	6 (15,4%)	2† (5,1%)
lange Prothese	23	8/ 3† (47,8%)	8 (34,8%)	4 (17,4%)	

† verstorbene Patienten

Bleibende Verschlüsse

Auch die Schicksale derjenigen 6 Patienten, die nach der Operation mit einem bleibenden Verschuß entlassen werden mußten, wurden ermittelt.

Ein Patient war in der Zwischenzeit mit erhaltenem Bein verstorben, in einem anderen Fall lag ein Zustand nach Unterschenkelamputation vor.

Die restlichen 4 Kranken befanden sich alle im Stadium IIb, mit stark eingeschränkter Gehstrecke, hatten aber keine Ruheschmerzen (Tabelle 23).

Tabelle 23: Schicksale der Patienten, die mit einem bleibenden Verschuß entlassen wurden

Operations-jahr	Bein bis zur Nach-untersuchung erhalten	Bein bis zum Tod erhalten	Ampu-tation
1972	1	1	1
1973			
1974	1		
1975			
1976	1		
1977	1		
Gesamt	4	1	1

GESAMTERGEBNISSE

Von den 211 durchgeführten Rekonstruktionen erwiesen sich nach 2 - 9 Jahren 83 (39,3%) als frei durchgängig. 37 Patienten (17,6%) waren zwischenzeitlich mit einem funktionstüchtigen Bypass verstorben. Die Gesamtöffnungsrate beträgt somit 56,9%.

Bei 45 Kranken (21,3%) ermittelten wir zwar verschlossene Transplantate, das Bein blieb jedoch bis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (des Todes) erhalten.

Nur in 42 Fällen (19,9%) mußte bis jetzt eine Amputation vorgenommen werden, d. h., rund 80% aller Patienten konnten durch eine femoro-krurale Revaskularisation über einen längeren Zeitraum hinweg vor dem Verlust der Extremität bewahrt werden.

Tabelle 24: Gesamtergebnisse nach 211 femoro - kruralen Rekonstruktionen, nach Operationsjahren geordnet

Ope- rations- jahr	An- zahl	Bypass durch- gängig	Bypass ver- schlos- sen	Ampu- tation	kein Er- gebnis zu er- mitteln
1970	2	1		1	
1971	9	3/ 1†	3	2	
1972	25	8/ 6†	4/ 4†	3	
1973	10	2/ 4†	1†	3	
1974	29	9/ 7†	7/ 1†	4	1
1975	46	23/ 7†	6	8	2†
1976	43	18/ 8†	5/ 2†	9	1†
1977	47	19/ 4†	11/ 1†	12	
Gesamt	211	83/37† (56,9%)	36/ 9† (21,3%)	42 (19,9%)	1/ 3† (1,9%)

† verstorbene Patienten

P R O G N O S E

Life Table Analysis

Nach femoro - kruralen Rekonstruktionen erweist sich die Berechnung einer Transplantatdurchgängigkeits- bzw. einer Beinerhaltungsrate in Abhängigkeit von der Zeit als zweckmäßig, um den Langzeiterfolg der Operationsmethode beurteilen und gleichzeitig eine Prognose abgeben zu können.

Eine häufig angewandte und relativ einfache Möglichkeit dazu ist die "Life Table Method" (9). Ihr großer Vorteil liegt darin, daß man sich, um z. B. eine kumulierte Wahrscheinlichkeit für die Transplantatdurchgängigkeit 5 Jahre postoperativ zu schätzen, nicht auf diejenigen Fälle beschränken muß, die bereits 5 Jahre oder länger operiert sind. Auch solche Patienten, die erst 4, 3, 2, oder sogar nur 1 Jahr unter Beobachtung standen, tragen wertvolle Informationen zur 5 - Jahresrate bei und erhöhen damit die Aussagegenauigkeit.

Für jeden Patienten wird der Zeitraum zwischen dem Operationszeitpunkt und dem Ausscheiden aus der Studie errechnet und dann folgende Tabelle erstellt:

$[x, x+1)$	l_x	d_x	u_x	w_x	l'_x	q_x	p_x	$\frac{p_x}{l_x}$	$\frac{p_x}{l_x} \%$	s_x
$[0, 1)$										
$[1, 2)$										
$[2, 3)$										
$[3, 4)$										

Dabei bedeutet:

- $[x, x+1)$: Zeitintervall (z. B. in Monaten) von x bis unter $x+1$ Zeiteinheiten nach der Operation;
- l_x : Anzahl der Patienten mit durchgängigem Bypass zum Zeitpunkt x (Risiko);
- d_x : Anzahl der Patienten, die zwischen x und $x+1$ Zeiteinheiten nach der Operation einen Verschuß erleiden;
- u_x : Anzahl der Patienten, die zwischen x und $x+1$ Zeiteinheiten nach der Operation mit offenem Bypass versterben, und damit aus der Studie ausscheiden. Die Wahrscheinlichkeiten werden geschätzt unter der Voraussetzung der Unabhängigkeit der Ereignisse "Verschuß" und "Sterben ohne Verschuß", indem man den ohne Verschuß Verstorbenen, hätten sie noch weiter überlebt, genau das gleiche Risiko wie den noch unter Beobachtung stehenden Patienten unterstellt.
- w_x : Anzahl der Patienten, die zwischen x und $x+1$ Zeiteinheiten nach der Operation mit durchgängigem Transplantat aus der Studie ausscheiden, weil die Operation erst x Zeiteinheiten vor Ende der Studie durchgeführt wurde (withdrawals);
- l'_x : effektive Anzahl der unter Verschußrisiko stehenden Patienten in Intervall $[x, x+1)$; es wird dazu angenommen, daß die verstorbenen und die mit durchgängigem Transplantat aus der Studie ausgeschiedenen Patienten im Durchschnitt noch das halbe Intervall unter dem Risiko standen, einen Verschuß zu erleiden, so daß gilt:
- $$l'_x = l_x - (u_x + w_x)/2$$
- q_x : relative Häufigkeit der während des Intervalls $[x, x+1)$ aufgetretenen Verschlüsse;
- $$q_x = d_x / l'_x$$
- p_x : relative Häufigkeit der während des Intervalls $[x, x+1)$ durchgängig gebliebenen Bypässe;
- $$p_x = 1 - q_x$$

$\underline{p}_x$: kumulierte Rate der von der Operation bis zum Zeitpunkt $x+1$ Zeiteinheiten postoperativ durchgängig gebliebenen Transplantate (kumulierte Transplantatdurchgängigkeitsrate);

$$\underline{p}_x = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot \dots \cdot p_x$$

$\underline{p}_x\%$: kumulierte Transplantatdurchgängigkeitsrate zum Zeitpunkt $x+1$ Zeiteinheiten nach der Operation in %;

$$\underline{p}_x\% = \underline{p}_x \cdot 100\%$$

s_x : die zu $\underline{p}_x\%$ entsprechende Standardabweichung

$$s_x = \pm \underline{p}_x\% \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{i=x} q_i / (l_i' - d_i)}$$

Wendet man dieses Verfahren auf das Fürther Krankengut an, so entsteht Tabelle 25.

Hier und bei allen folgenden Darstellungen wurde die Berechnung von $\underline{p}_x\%$ abgebrochen, wenn die Anzahl der Patienten in der Spalte l_x unter 20 fiel, weil die Schätzungen, insbesondere der Standardabweichung s_x , wegen der verbleibenden geringen Fallzahlen nicht verlässlich genug scheinen.

In Abbildung 3 haben wir die Ergebnisse von Tabelle 25 als Kurve zusammengefaßt. Zusätzlich sind 2s-Bereiche eingezeichnet, die ungefähr mit einem 95%-Konfidenzintervall übereinstimmen.

Betrachtet man als entscheidendes Kriterium nicht die Durchgängigkeit des Transplantates, sondern die Erhaltung der Extremität, so kommt man zu den Resultaten in Tabelle 26 und Abbildung 4.

Aus den Tabellen 25 und 26 lassen sich außerdem kumulierte Durchgängigkeits- bzw. Beinerhaltungsraten $\underline{p}_{t,x}\%$ zum Zeitpunkt $x+1$ Zeiteinheiten nach der Operation, un-

ter der Bedingung, daß bereits die Zeit t ohne Bypassverschluß bzw. Extremitätenverlust vergangen ist, ermitteln. Allgemein gilt:

$$\underline{P}_{t, x} \% = (\underline{P}_x / \underline{P}_t) \cdot 100\%$$

Berechnet man z. B. so für diejenigen Patienten, die mit gutem Frühergebnis entlassen werden konnten, eine kumulierte Durchgängigkeitsrate 5 Jahre postoperativ, lautet der Ansatz:

$$\begin{aligned} \underline{P}_{1 \text{ Mo.}, 60 \text{ Mo.}} \% &= (\underline{P}_{60 \text{ Mo.}} / \underline{P}_{1 \text{ Mo.}}) \cdot 100\% = \\ &= (0,532 / 0,893) \cdot 100\% = 59,6\% \end{aligned}$$

Um die kumulierte Beinerhaltungsrate nach 5 Jahren für solche Kranke, die bereits 3 Jahre operiert sind und sich noch keiner Amputation unterziehen mußten, angeben zu können, wird in die obige Formel eingesetzt:

$$\begin{aligned} \underline{P}_{36 \text{ Mo.}, 60 \text{ Mo.}} \% &= (\underline{P}_{60 \text{ Mo.}} / \underline{P}_{36 \text{ Mo.}}) \cdot 100\% = \\ &= (0,764 / 0,800) \cdot 100\% = 95,5\% \end{aligned}$$

Tabelle 25: Life Table Analysis, kumulierte Transplantatdurchgängigkeitsraten; n = 207

$[x, x+1)$ Monate	l_x	d_x	u_x	w_x	l'_x	q_x	p_x	$\bar{p}_x$	$\bar{p}_x\%$	s_x
[0, 1)	207	22	3	0	205,5	0,1071	0,8929	0,893	89,3%	$\pm 2,2\%$
[1, 2)	182	1	1	0	181,5	0,0055	0,9945	0,888	88,8%	$\pm 2,2\%$
[2, 3)	180	4	3	0	178,5	0,0224	0,9776	0,868	86,8%	$\pm 2,2\%$
[3, 6)	173	7	1	0	172,5	0,0406	0,9594	0,833	83,3%	$\pm 2,6\%$
[6, 9)	165	5	1	0	164,5	0,0304	0,9696	0,808	80,8%	$\pm 2,8\%$
[9, 12)	159	5	3	0	157,5	0,0317	0,9683	0,782	78,2%	$\pm 2,9\%$
[12, 24)	151	12	9	4	144,5	0,0830	0,9170	0,717	71,7%	$\pm 3,2\%$
[24, 36)	126	14	5	24	111,5	0,1256	0,8744	0,627	62,7%	$\pm 3,6\%$
[36, 48)	83	5	5	17	72,0	0,0694	0,9306	0,584	58,4%	$\pm 3,8\%$
[48, 60)	56	4	4	18	45,0	0,0889	0,9111	0,532	53,2%	$\pm 4,3\%$
[60, 72)	30	4	1	8	25,5	0,1569	0,8431	0,448	44,8%	$\pm 5,3\%$
[72, 84)	17	1	1	5						
[84, 96)	10	1	0	6						
[96, 108)	3	2	0	0						
[108, 120)	1	0	0	1						

In der Spalte $\bar{p}_x\%$ sind die kumulierten Transplantatdurchgängigkeitsraten nach 1, 2, 3, 6, ..., 60 und 72 Monaten abzulesen

Tabelle 26: Life Table Analysis, kumulierte Beinerhaltungsraten, n = 207

$[x, x+1)$ Monate	l_x	d_x	u_x	w_x	l'_x	q_x	p_x	$\bar{p}_x$	$\bar{p}_x \%$	s_x
[0, 1)	207	15	4	0	205,5	0,0730	0,9270	0,927	92,7%	± 1,8%
[1, 2)	188	1	1	0	187,5	0,0053	0,9947	0,922	92,2%	± 1,9%
[2, 3)	186	3	3	0	184,5	0,0163	0,9837	0,907	90,7%	± 2,0%
[3, 6)	180	6	1	0	179,5	0,0334	0,9666	0,877	87,7%	± 2,3%
[6, 9)	173	1	1	0	172,5	0,0058	0,9942	0,872	87,2%	± 2,4%
[9, 12)	171	2	5	0	168,5	0,0119	0,9881	0,861	86,1%	± 2,4%
[12, 24)	164	6	11	7	155,0	0,0387	0,9613	0,828	82,8%	± 2,7%
[24, 36)	140	4	7	36	118,5	0,0338	0,9662	0,800	80,0%	± 2,9%
[36, 48)	93	2	7	21	79,0	0,0253	0,9747	0,780	78,0%	± 3,2%
[48, 60)	63	1	4	24	49,0	0,0204	0,9796	0,764	76,4%	± 3,5%
[60, 72)	34	0	1	12	27,5	0,0000	1,0000	0,764	76,4%	± 3,5%
[72, 84)	21	1	1	5	18,0	0,0556	0,9444	0,721	72,1%	± 5,3%
[84, 96)	14	0	0	11						
[96, 108)	3	0	0	2						
[108, 120)	1	0	0	1						

In der Spalte $\bar{p}_x \%$ sind die kumulierten Beinerhaltungsraten nach 1, 2, 3, ..
 .., 72 und 84 Monaten abzulesen

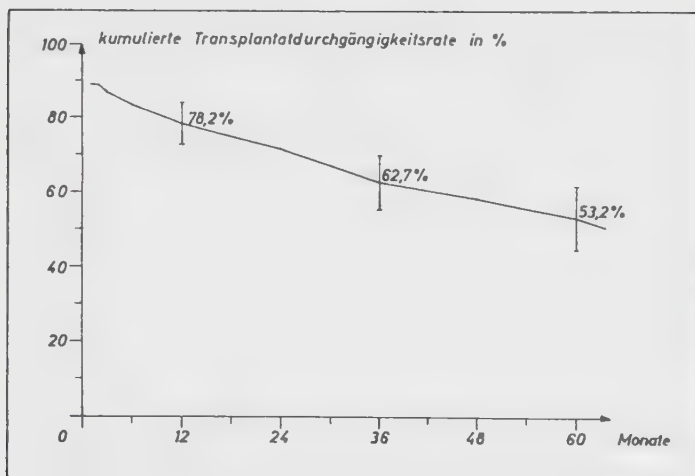


Abbildung 3: Life Table Analysis, kumulierte Transplantatdurchgängigkeitsraten

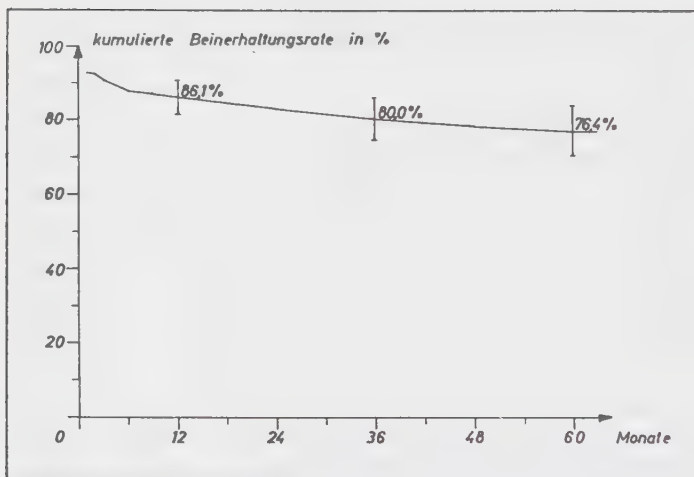


Abbildung 4: Life Table Analysis, kumulierte Beinerhaltungsrate

Prognostische Faktoren

Um eine differenziertere Prognose angeben zu können, wurden der Einfluß von Diabetes mellitus, Anzahl der präoperativ durchgängigen Unterschenkelarterien, präoperativem Ischämiestadium, distalem Anschlußgefäß und Transplantatmaterial auf die Langzeitergebnisse mit Hilfe der "Life Table Method" untersucht.

Für alle Patienten mit und ohne Diabetes mellitus haben wir je eine kumulierte Transplantatdurchgängigkeitsrate erstellt. Für die Differenz der Raten nach 5 Jahren erfolgte dann die Berechnung eines 95%-Konfidenzintervalls (Signifikanzberechnung). Dabei gibt mit 5% Irrtumswahrscheinlichkeit die untere Intervallgrenze den Mindestwert, die obere Intervallgrenze den Höchstwert der Differenz der Wahrscheinlichkeiten postoperativ an. Erweist sich also das gesamte Intervall als positiv, so bedeutet das einen signifikanten Unterschied zwischen beiden Raten zum entsprechenden Zeitpunkt.

Mit genau der gleichen Methode gingen wir auch bei den anderen oben genannten Faktoren vor. Allerdings ließen sich, auf Grund geringerer Fallzahlen, nicht immer 5-Jahresraten, sondern teilweise nur 3-Jahresraten ermitteln, deren Differenz wir dann auf Signifikanz prüften.

Diabetes mellitus

Wendet man das oben erläuterte Verfahren an, entsteht Tabelle 27 und Abbildung 5. Bei den kumulierten Durchgängigkeitsraten zeigt sich nach 5 Jahren ein (nicht signifikanter) Unterschied von 4,3% zugunsten der Patienten ohne Diabetes mellitus.

Betrachtet man das durchschnittliche Lebensalter zum Zeitpunkt der Operation, so fanden wir für Patienten mit Diabetes mellitus 63,3 Jahre, für Patienten ohne Diabetes mellitus nur 59,5 Jahre. Der Unterschied ist im t-Test und im Wilcoxon-Test (57) auf dem 5%-Niveau signifikant. Diabetiker werden also, statistisch betrachtet, 3,8 Jahre später operiert als andere Kranke. Eine Klärung der Ursachen für dieses etwas Überraschende Ergebnis würde den Rahmen der Arbeit übertreffen, so daß wir diese Fakten zwar erwähnen, jedoch nicht näher auf sie eingehen.

Anzahl der präoperativ durchgängigen Unterschenkelarterien

Hier konnte, wegen der geringen Fallzahlen, eine Transplantatdurchgängigkeitsrate für Patienten mit 3 offenen Unterschenkelgefäßen nur bis zu 3 Jahren postoperativ berechnet werden.

Die Differenz zwischen Kranken mit 3 durchgängigen und Patienten mit einer offenen Unterschenkelarterie zum Zeitpunkt 3 Jahre nach der Operation beträgt 13,9%. Signifikante Unterschiede ergaben sich trotzdem nicht. Tabelle 28 und Abbildung 6 zeigen die genauen Ergebnisse.

Präoperatives Ischämiestadium

Die 37 Patienten im präoperativen Ischämiestadium IIb stellten eine zu kleine Gruppe dar, um die "Life Table Method" anzuwenden.

Öffnungsraten für die Stadien III und IV sind in Tabelle 29 und Abbildung 7 angegeben. Die zwei Kurven weisen nach 5 Jahren eine (nicht signifikante) Differenz von 12,9% zugunsten von Kranken im präoperativen Stadium III auf.

Distales Anschlußgefäß

Wegen der geringen Anzahl von Patienten mit einem distalen Anschluß des Transplantates auf die A. fibularis wäre es hier nicht sinnvoll gewesen, kumulierte Durchgängigkeitsraten zu ermitteln. Deshalb kam es zu einem Vergleich der Ergebnisse von A. tib. posterior und A. tib. anterior als distale Anschlußarterien (Tabelle 30 und Abbildung 8).

Wurde die A. tibialis posterior für die Anastomose benutzt, ergab sich nach 5 Jahren eine Transplantatdurchgängigkeitsrate von 63,1%, bei der A. tibialis anterior waren es dagegen nur 45,0%. Der Unterschied ist auf dem 5%-Niveau signifikant.

Transplantatmaterial

Wir differenzierten, ob es sich um einen reinen Venenbypass oder um andere Transplantate (Kombinations- oder Prothesenbypässe) handelte. Für letztere Gruppe konnte allerdings nur eine 3-Jahresrate berechnet werden, deshalb erfolgte der Vergleich zu diesem Zeitpunkt.

Bezüglich der Transplantatdurchgängigkeit (Tabelle 31 und Abbildung 9) und der Beinerhaltung (Tabelle 32 und Abbildung 10) stellten sich signifikante Unterschiede zugunsten des Venenbypasses heraus, d. h., die autologe Vene erweist sich im Hinblick auf Langzeitergebnisse allen anderen Materialien überlegen.

Tabelle 27: kumulierte Transplantatdurchgängigkeitsraten
Diabetes mellitus - kein Diabetes mellitus

nach Monaten	kumulierte Transplantatdurchgängigkeitsraten P mit Standardabweichung s				Differenz D $D=P_2-P_1$
	Diabetes mell.		kein Diab. mell.		
	P_1	s_1	P_2	s_2	
1	87,8%	$\pm 3,6\%$	90,3%	$\pm 2,7\%$	2,5%
3	84,0%	$\pm 4,1\%$	88,6%	$\pm 2,9\%$	4,6%
12	74,9%	$\pm 4,9\%$	80,3%	$\pm 3,6\%$	5,4%
36	60,4%	$\pm 5,9\%$	63,9%	$\pm 4,6\%$	3,5%
60	50,6%	$\pm 7,1\%$	54,9%	$\pm 5,2\%$	4,3%*

* 95%-Konfidenzintervall für D: $\square (-13,3\%), (+21,9\%) \square$

Tabelle 28: kumulierte Transplantatdurchgängigkeitsraten
in Abhängigkeit von der Anzahl der präoperativ durchgängigen Unterschenkelarterien

nach Monaten	kumulierte Transplantatdurchgängigkeitsraten P mit Standardabweichung s						Differenz D
	1 offene		2 offene		3 offene		
	Unterschenkelart.						
	P ₁	s ₁	P ₂	s ₁	P ₃	s ₃	
							D=P ₃ -P ₁
1	86,0%	±3,2%	90,9%	±3,5%	100,0%	±0,0%	14,0%
3	84,2%	±3,4%	87,8%	±4,0%	96,0%	±3,9%	11,8%
12	74,2%	±4,1%	79,8%	±5,0%	92,0%	±5,4%	17,8%
36	60,1%	±4,9%	62,3%	±6,5%	74,0%	±9,2%	13,9%*
60	47,9%	±5,9%	52,9%	±7,4%			

* 95%-Konfidenzintervall für D: $\square (-8,6\%), (+36,4\%) \square$

Tabelle 29: kumulierte Transplantatdurchgängigkeitsraten in Abhängigkeit vom präoperativen Ischämie-stadium

nach Monaten	kumulierte Transplantatdurchgängigkeitsraten P mit Standardabweichung s				Differenz D $D=P_1-P_2$
	Stadium III		Stadium IV		
	P_1	s_1	P_2	s_2	
1	93,8%	$\pm 3,0\%$	84,6%	$\pm 3,5\%$	9,2%
3	93,8%	$\pm 3,0\%$	82,6%	$\pm 3,7\%$	11,2%
12	87,4%	$\pm 4,2\%$	72,4%	$\pm 4,5\%$	15,0%
36	67,8%	$\pm 6,1\%$	57,8%	$\pm 5,2\%$	10,0%
60	58,3%	$\pm 7,3\%$	45,4%	$\pm 6,1\%$	12,9%*

* 95%-Konfidenzintervall für D: $[-6,3\%, (+32,1\%)]$

Tabelle 30: kumulierte Transplantatdurchgängigkeitsraten in Abhängigkeit vom distalen Anschlußgefäß

nach Monaten	kumulierte Transplantatdurchgängigkeitsraten P mit Standardabweichung s				Differenz D $D=P_1-P_2$
	A. tib. post.		A. tib. ant.		
	P_1	s_1	P_2	s_2	
1	92,0%	±2,6%	84,8%	±4,4%	7,2%
3	89,2%	±2,9%	81,8%	±4,7%	7,4%
12	82,5%	±3,6%	71,2%	±5,6%	11,3%
36	65,2%	±4,9%	56,5%	±6,2%	8,7%
60	63,1%	±5,2%	45,0%	±6,8%	18,1%*

* 95%-Konfidenzintervall für D: $[+0,8\%, (+35,4\%)]$

Tabelle 31: kumulierte Transplantatdurchgängigkeitsraten in Abhängigkeit vom verwendeten Transplantatmaterial

nach Monaten	kumulierte Transplantatdurch- gängigkeitsraten P mit Stan- dardabweichung s				Diffe- renz D $D=P_1-P_2$
	Venen		Prothesen und Kombinationen		
	P_1	s_1	P_2	s_2	
1	92,5%	$\pm 2,3\%$	83,4%	$\pm 4,4\%$	9,1%
2	92,5%	$\pm 2,3\%$	82,0%	$\pm 4,5\%$	10,5%
3	91,0%	$\pm 2,5\%$	79,2%	$\pm 4,8\%$	11,8%
6	88,6%	$\pm 2,8\%$	73,4%	$\pm 5,2\%$	15,2%
9	86,3%	$\pm 3,0\%$	70,5%	$\pm 5,4\%$	15,8%
12	85,5%	$\pm 3,1\%$	64,6%	$\pm 5,7\%$	20,9%
24	78,9%	$\pm 3,6\%$	58,3%	$\pm 6,0\%$	20,6%
36	72,4%	$\pm 4,1\%$	43,2%	$\pm 6,6\%$	29,2%*
48	67,5%	$\pm 4,5\%$			
60	60,5%	$\pm 5,2\%$			

* 95%-Konfidenzintervall für D: $[(+13,6\%), (+44,8\%)]$

Tabelle 32: kumulierte Beinerhaltungsraten in Abhängigkeit vom verwendeten Transplantatmaterial

nach Monaten	kumulierte Beinerhaltungsraten P mit Standardabweichung s				Differenz D
	Venen		Prothesen und Kombinationen		
	P ₁	s ₁	P ₂	s ₂	D=P ₁ -P ₂
1	95,5%	±1,8%	87,5%	±3,9%	8,0%
2	95,5%	±1,8%	86,1%	±4,1%	9,4%
3	94,0%	±2,1%	84,6%	±4,3%	9,4%
6	91,6%	±2,4%	80,3%	±4,7%	11,3%
9	91,6%	±2,4%	78,8%	±4,9%	12,8%
12	91,6%	±2,4%	75,8%	±5,1%	15,8%
24	88,3%	±2,9%	72,5%	±5,4%	15,8%
36	85,3%	±3,2%	70,0%	±5,8%	15,3%*
48	82,7%	±3,6%			
60	80,7%	±4,0%			

* 95%-Konfidenzintervall für D: [(+ 2,9%), (+27,7%)]

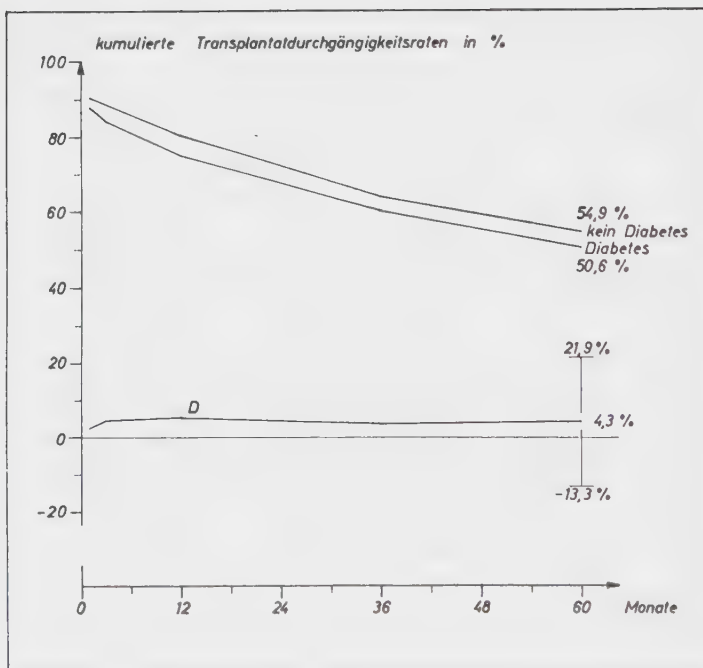


Abbildung 5: kumulierte Transplantatdurchgängigkeits-
raten:
Diabetes mell. - kein Diabetes mell.

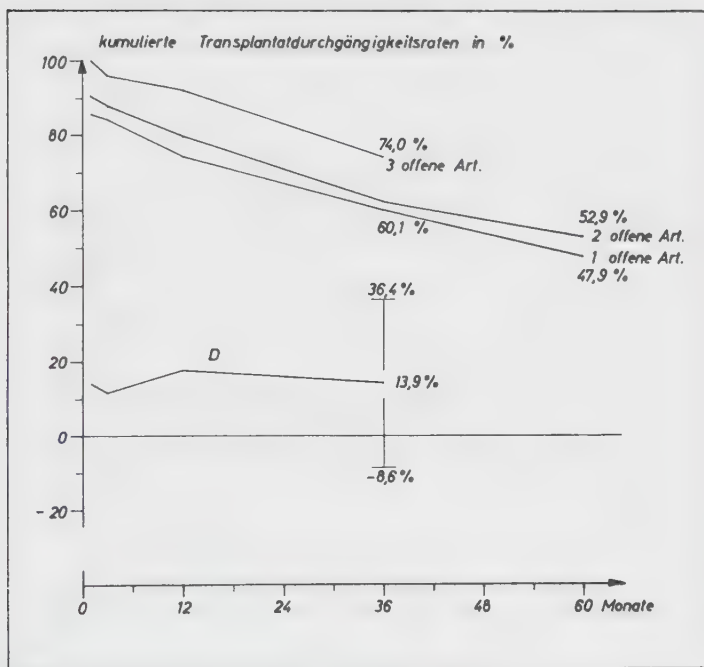
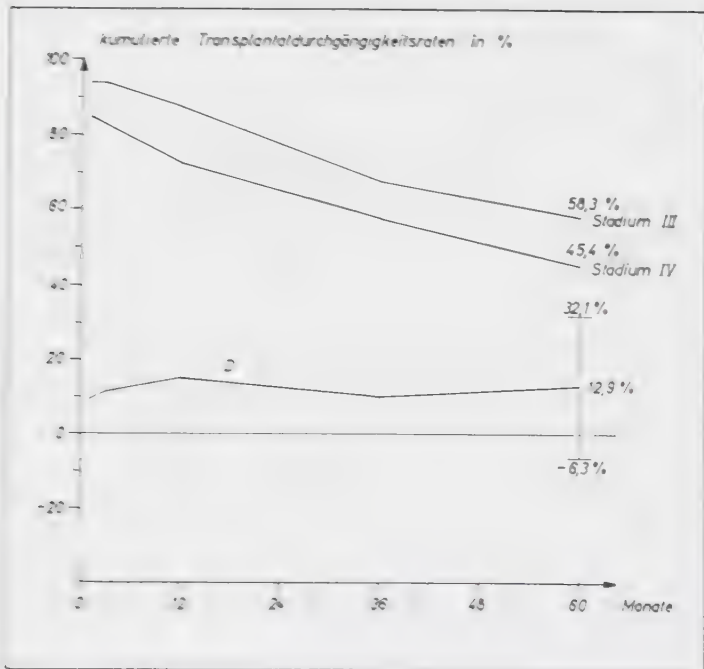


Abbildung 6: kumulierte Transplantatdurchgängigkeitsraten in Abhängigkeit von der Anzahl der präoperativ durchgängigen Unterschenkelarterien



Die kumulierte Transplantaldurchgängigkeitsrate von präoperativen

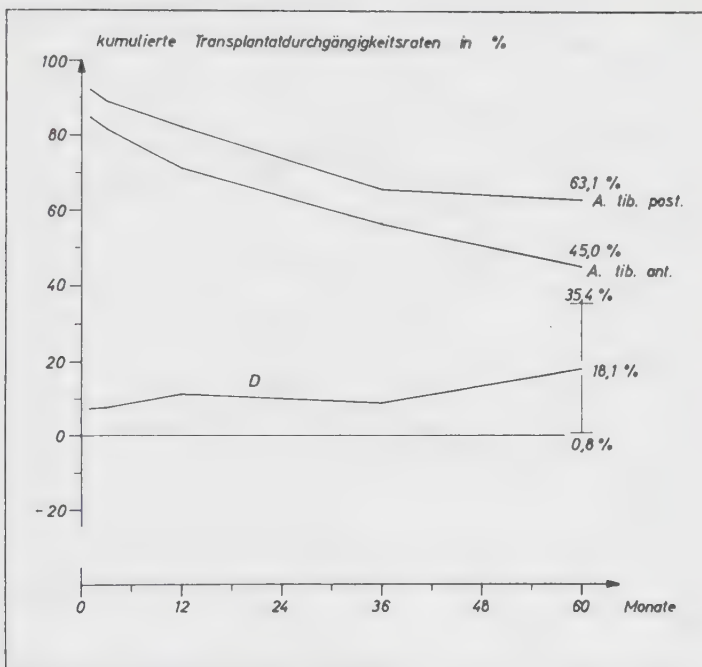


Abbildung 8: kumulierte Transplantatdurchgängigkeitsraten in Abhängigkeit vom distalen Anschlußgefäß

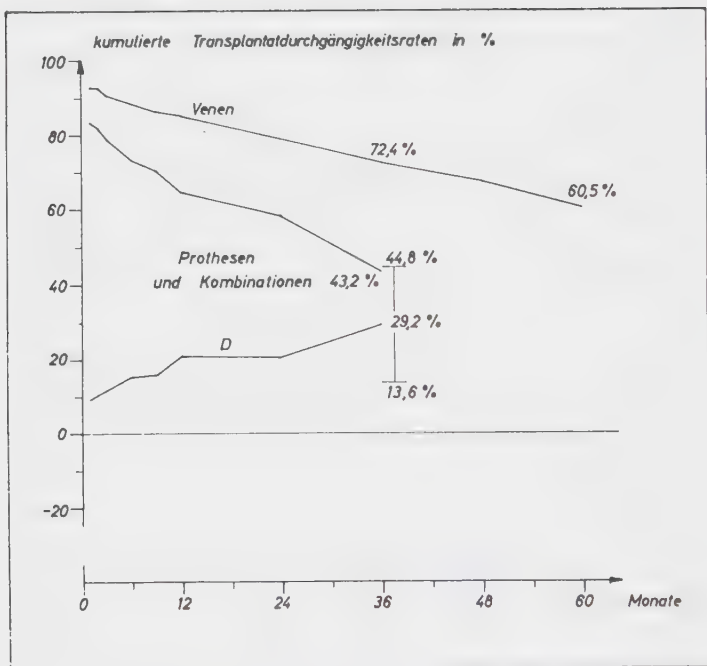


Abbildung 9: kumulierte Transplantatdurchgängigkeitsraten in Abhängigkeit vom verwendeten Transplantatmaterial

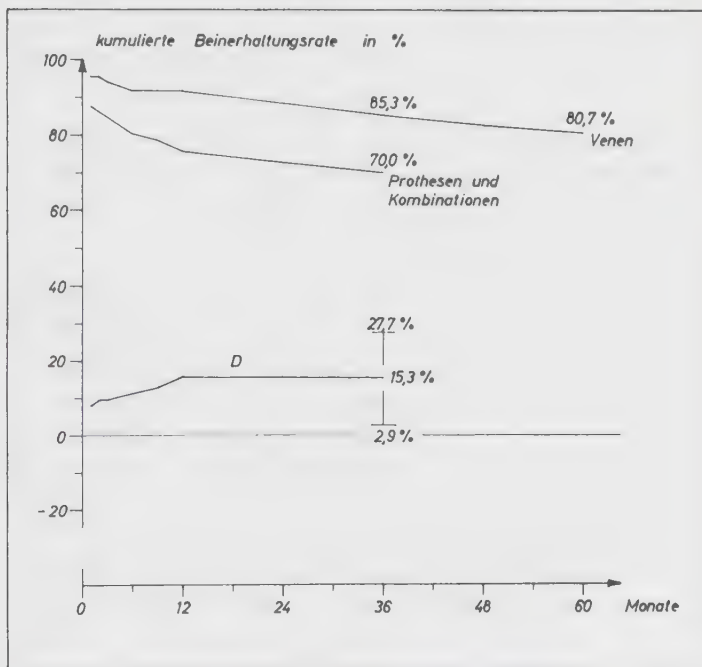


Abbildung 10: kumulierte Beinerhaltungsrate in Abhängigkeit vom verwendeten Transplantatmaterial

Das Modell von Cox

Um für jeden Patienten, der sich in Zukunft einer femoro - kruralen Rekonstruktion in den städtischen Krankenanstalten Fürth unterzieht, auf Grund seiner persönlichen prognostischen Variablen eine individuelle Vorhersage über das Schicksal des Bypasses geben zu können, wurde versuchsweise das Modell von Cox (8) herangezogen.

Der Modellansatz wird leicht verständlich, wenn man an den manchmal im Verlauf der Zeit zu beobachtenden Abfall $C(t)$ von Serumkonzentrationen erinnert, für den gilt:

$$C(t) = C_0 \cdot e^{-k \cdot t},$$

wobei C_0 die Anfangskonzentration und k eine Eliminationskonstante ist.

C_0 bedeutet für unsere Analyse die Transplantatdurchgängigkeits- bzw. Beinerhaltungsrate bei der Operation und ist demnach gleich 1.

Bezeichnet man die Wahrscheinlichkeit für die Durchgängigkeit bzw. Beinerhaltung bis zur Zeit t mit $P(t)$, so entsteht das Modell von Cox durch 2 Erweiterungen:

1, Die Zeit t geht nicht direkt, sondern mittels einer Funktion $\Lambda(t)$ ein. Der Ansatz lautet dann:

$$P(t) = e^{-k \cdot \Lambda(t)}.$$

2, Der Abfall der Durchgängigkeitsraten sei von individuellen prognostischen Variablen y ($y_1, \dots, y_n$) abhängig. Deshalb wird die Konstante k ersetzt durch eine Funktion $k(y)$ (Risikoindex), z. B.:

$$k(y) = e^{(\beta_1 y_1 + \beta_2 y_2 + \dots)}.$$

Die unbekannten Parameter $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots$ und die Funktion $\Lambda(t)$ schätzen wir zunächst aus beobachteten Patientendaten.

Für spätere Fälle können dann die Werte der persönlichen prognostischen Variablen $y_1, y_2, y_3, \dots$ in die Formel eingesetzt und der Verlauf der Wahrscheinlichkeit für die Durchgängigkeit des Transplantates individuell ermittelt werden.

Um die vorhandenen Patientendaten entsprechend zu gliedern, ist für jeden Operierten ein Datenerfassungsbogen wie das Muster in Abbildung 11 angelegt worden. Die untersuchten prognostischen Faktoren sind ebenfalls aus dem Musterbogen ersichtlich.

Die Variablen y_2 bis y_{12} entsprechen den verschlüsselten Antwortziffern. Aus numerischen Gründen geht das Alter mit einem Hundertstel der Abweichung vom Altersmedian ($\bar{x}=62$) in das Modell ein. Lediglich um y_1 zu erhalten, muß man von der Antwortzahl 1 abziehen.

War z. B. ein fünfzigjähriger Patient im präoperativen Ischämiestadium IIb und erhielt einen Prothesenbypass, so gilt: $y_1 = (-1)$; $y_2 = (-0,12)$; $y_{11} = 2$.

Mit Hilfe eines am Institut für Medizinische Statistik und Dokumentation (Vorstand: Prof. Dr. L. Horbach) vorhandenen Programms wurden auf der Anlage TR 440 des Regionalen Rechenzentrums Erlangen aus den vorhandenen Patientendaten die Parameter β_1 bis β_{12} und $\Lambda(t)$ einmal für die Durchgängigkeit des Transplantates und einmal für die Beinerhaltung berechnet (Tabelle 33, 34, 35).

Mit diesen Schätzwerten $\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \dots, \hat{\beta}_{12}$ und $\hat{\Lambda}(t)$ kann nun für jeden zukünftigen Patienten zunächst einmal der Risikoindex $\hat{k}(y)$ bestimmt werden. Für die Wahrscheinlichkeit der Transplantatdurchgängigkeit oder der Bein-

erhaltung nach einer bestimmten Zeit t kommt man dann zu der Schätzung: $\hat{p}(t) = e^{-\hat{k}(y) \cdot \hat{\lambda}(t)}$.

Will man z. B. für die Patientendaten in Abbildung 11 die Wahrscheinlichkeitsrate $\hat{p}(t)$ für die Erhaltung der Extremität zum Zeitpunkt $t = 5$ Jahre postoperativ wissen, ist anzusetzen:

$$\hat{k}(y) = e^{(\hat{\beta}_{1y1} + \hat{\beta}_{2y2} + \hat{\beta}_{3y3} + \dots + \hat{\beta}_{11y11} + \hat{\beta}_{12y12})}$$

$$\begin{aligned} k(y) = e \{ & (0,62) \cdot (-1) + (-0,99) \cdot (-0,07) + (0,43) \cdot 0 + \\ & + (-0,27) \cdot 0 + (-0,19) \cdot 1 + (-0,46) \cdot 0 + \\ & + (-0,35) \cdot 1 + (0,04) \cdot 2 + (0,31) \cdot 0 + \\ & + (0,20) \cdot 0 + (0,59) \cdot 1 + (0,46) \cdot 0 = \end{aligned}$$

$$\hat{k}(y) = e^{(-0,4207)} = 0,66$$

$$\hat{p}(60 \text{ Monate}) = e^{-\hat{k}(y) \cdot \hat{\lambda}(60 \text{ Monate})} = e^{(-0,66) \cdot 0,13} =$$

$$\hat{p}(60 \text{ Monate}) = 0,918 \text{ oder } 91,8\%$$

Erhebungsbogen
femoro-kruraler Bypass

Patient Nr.

1 5 9

Operationsjahr

19 7 4

Grundkrankheit

1 = Arteriosklerose; 2 = Endangitis obliterans
3 = thrombosiertes Aneurysma d. A. pop.; 4 = Trauma

1

Prognostische Faktoren

1, präoperatives Ischämienstadium

0 = Iib; 1 = III; 2 = IV;

0

2, Alter zum Zeitpunkt der Operation: 5 5 / 100 - 0,62 =

- 0,0 7

Jahre

3, Diabetes mellitus

0 = nein; 1 = ja

0

4, Hypertonie

0 = nein; 1 = ja

0

5, Hypercholesterinämie

0 = nein; 1 = ja

1

6, Hyperuricämie

0 = nein; 1 = ja

0

7, Nikotin

0 = nein; 1 = ja

1

8, Anzahl der offenen Unterschenkelarterien

0 = 1 off. Art.; 1 = 2 off. Art.; 2 = 3 off. Art.;

2

9, distales Anschlußgefäß

0 = A. tib. post.; 1 = A. tib. ant.; 2 = A. fib.;

0

10, distale Anschlußhöhe

0 = prox. Dr.; 1 = mitt. Dr.; 2 = dist. Dr.;

0

11, Transplantatmaterial

0 = Vene; 1 = Kombination; 2 = Prothese

1

12, Geschlecht

0 = männlich; 1 = weiblich;

0

Ergebnis

Durchgängigkeit des Bypasses

1 = verschlossen; 2 = durchgängig, Patient lebt;
3 = durchgängig, Patient verstorben;

2

Durchgängigkeitsdauer seit Operation

0 6 0

Monate

Erhaltung der Extremität

1 = nein; 2 = ja, Patient lebt;
3 = ja, Patient verstorben

2

Erhaltungsdauer seit Operation

0 6 0

Monate

Abbildung 11: Datenerfassungsbogen für das Modell von Cox

Tabelle 33: Geschätzte $\hat{\beta}$ - Werte für die Transplantat-
durchgängigkeit

Faktor	$\hat{\beta}$	Stand.-Abw.
1, Präoperatives Ischämiestadium	$\hat{\beta}_1 = 0,35$	$\pm 0,17$
2, Alter zum Zeitpunkt der Operation	$\hat{\beta}_2 = 0,50$	$\pm 1,04$
3, Diabetes mellitus	$\hat{\beta}_3 = 0,20$	$\pm 0,24$
4, Hypertonie	$\hat{\beta}_4 = -0,24$	$\pm 0,24$
5, Hypercholesterinämie	$\hat{\beta}_5 = -0,58$	$\pm 0,31$
6, Hyperurikämie	$\hat{\beta}_6 = -0,58$	$\pm 0,44$
7, Nikotin	$\hat{\beta}_7 = -0,46$	$\pm 0,26$
8, Anzahl der offenen Unterschenkelarterien	$\hat{\beta}_8 = 0,12$	$\pm 0,19$
9, distales Anschlußgefäß	$\hat{\beta}_9 = 0,22$	$\pm 0,16$
10, distale Anschlußhöhe	$\hat{\beta}_{10} = 0,18$	$\pm 0,20$
11, Transplantatmaterial	$\hat{\beta}_{11} = 0,76$	$\pm 0,15$
12, Geschlecht	$\hat{\beta}_{12} = -0,25$	$\pm 0,34$

Tabelle 34: Geschätzte $\hat{\beta}$ -Werte für die Beinerhaltung

Faktor	$\hat{\beta}$	Stand.-Abw.
1, Präoperatives Ischämiestadium	$\hat{\beta}_1 = 0,62$	$\pm 0,26$
2, Alter zum Zeitpunkt der Operation	$\hat{\beta}_2 = -0,99$	$\pm 1,36$
3, Diabetes mellitus	$\hat{\beta}_3 = 0,43$	$\pm 0,33$
4, Hypertonie	$\hat{\beta}_4 = -0,27$	$\pm 0,35$
5, Hypercholesterinämie	$\hat{\beta}_5 = -0,19$	$\pm 0,42$
6, Hyperurikämie	$\hat{\beta}_6 = -0,46$	$\pm 0,58$
7, Nikotin	$\hat{\beta}_7 = -0,35$	$\pm 0,37$
8, Anzahl der offenen Unterschenkelarterien	$\hat{\beta}_8 = 0,04$	$\pm 0,28$
9, distales Anschlußgefäß	$\hat{\beta}_9 = 0,31$	$\pm 0,22$
10, distale Anschlußhöhe	$\hat{\beta}_{10} = 0,20$	$\pm 0,29$
11, Transplantatmaterial	$\hat{\beta}_{11} = 0,59$	$\pm 0,22$
12, Geschlecht	$\hat{\beta}_{12} = 0,46$	$\pm 0,41$

Tabelle 35: Geschätzte $\hat{\Lambda}(t)$

t in Monaten	$\hat{\Lambda}(t)$ Durchgängigkeit	$\hat{\Lambda}(t)$ Beinerhaltung
6	0,13	0,06
12	0,18	0,06
24	0,25	0,08
36	0,37	0,10
48	0,43	0,11
60	0,53	0,13
84	0,90	0,17
∞	2,70	0,17

Im Folgenden wird versucht, die Aussagekraft des Prognosemodells zu beurteilen.

Dazu haben wir alle Patienten mittels ihrer Risikoindizes in 5 Klassen eingeteilt (Tabelle 36). Diese Gliederung wurde für Kranke mit durchgängigem und verschlossenem Transplantat bzw. mit erhaltener und amputierter Extremität getrennt vorgenommen. Die Absolutzahlen sind dann in relative Häufigkeiten umgewandelt und die Mittelwerte für die Transplantatdurchgängigkeitszeit bzw. Beinerhaltungsdauer in Monaten für jede Risikoklasse errechnet worden (Tabelle 37 und 38).

Im Idealfall kann man erwarten, daß sich von den Patienten mit durchgängigem Transplantat bzw. mit erhaltener Extremität der größte Teil in den niedrigen Risikoklassen findet. Das trifft auch annähernd zu (Abbildung 12 und 13).

Genau umgekehrt sollte es sich bei den Kranken mit verschlossenem Bypass bzw. mit amputiertem Bein verhalten. Hier wäre es wünschenswert, wenn das Maximum in den höheren Risikoklassen liegen würde. Abbildung 12 und 13 entsprechen also in dieser Hinsicht nicht ganz den Erwartungen, da die Klassen 2 bzw. 2 und 3 ein relatives Maximum aufweisen. Das mag zum Teil seine Ursachen darin haben, daß bei dieser Darstellung die Transplantatdurchgängigkeits- bzw. Beinerhaltungszeit von der Operation bis zum Verschuß bzw. zur Amputation unberücksichtigt bleibt. Wie ein Blick auf die Tabellen 37 und 38 zeigt, sind diese Zeiten um so größer, je kleiner die Risikoklasse ist. Die Patienten in Klasse 1 mußten sich z. B. 23,2 Monate nach der Operation einer Amputation unterziehen, während in der Klasse 5 der Verlust der Extremität durchschnittlich schon 4,9 Monate postoperativ erfolgte.

Insgesamt erkennt man jedoch an der starken Überlagerung von erfolgreich und ohne Erfolg operierten Patienten in den Klassen 2 und 3 deutlich, daß das Verfahren eine noch zu geringe Trennschärfe hat, um damit eine exakte Prognose zu erstellen.

Da die verwendeten Faktoren unter Umständen nicht vollständig sind, oder vielleicht auch unbedeutende Tatsachen in die Rechnung eingingen, würde eine gründliche Analyse aller möglichen prognostischen Variablen eventuell Verbesserungen von $k(y)$ und damit eine genauere Vorhersage mit sich bringen.

Um die Trennung der Risiken mit dem Modell grob zu prüfen, wendeten wir die Prognoseformel auf die gleichen Patientendaten an, mit deren Hilfe die Modellschätzungen durchgeführt wurden.

Nach Einteilung der Kranken in 4 Gruppen an Hand der Höhe des Risikoindex $k(y)$ konnten nach Kaplan und Meier (40) kumulierte Transplantatdurchgängigkeits- bzw. Beinerhaltungsraten in Abhängigkeit von der Zeit berechnet werden. Die Ergebnisse sind in Abbildung 14 und 15 dargestellt. In beiden Fällen zeigt sich ein ähnliches Bild: Die 3 Gruppen niedrigen Risikos (nach der Modellschätzung) unterscheiden sich im Verlauf wenig; dagegen hebt sich die Gruppe höchsten Risikos von den übrigen deutlich ab.

Zusätzlich bildeten wir für jede Gruppe das arithmetische Mittel aus den einzelnen Risikoindices und erstellten damit nach Cox eine Prognose. Tabelle 39 und 40 vergleicht die so in den einzelnen Gruppen vorausgesagten Werte mit den nach Kaplan und Meier beobachteten Raten, wobei man deutliche Abweichungen feststellen kann.

Daraus wird offensichtlich, daß die gewählte Form des Prognosemodells den Daten noch nicht optimal angepaßt ist.

Die mit dem Modell von Cox erhaltenen Schätzwerte der Transplantatdurchgängigkeits- bzw. Beinerhaltungsraten geben also offenbar nur grobe Richtwerte an und dürfen in ihrer Bedeutung keinesfalls überbewertet werden.

Die Gründe dafür sind eine zu ungenaue Bestimmung von $\hat{k}(y)$ und eine noch nicht ideale Modellanpassung.

Es gelingt aber immerhin, mit Hilfe von $\hat{k}(y)$ etwa ein Viertel der Patienten mit deutlich erhöhtem Risiko abzugrenzen, so daß bei weiteren Verbesserungen des Modells eine exaktere Prognose möglich sein sollte.

Tabelle 36: Einteilung von Risikoklassen

Risikofaktor $\hat{k}(y)$	Risikoklasse
$0 \leq \hat{k}(y) < 1$	1
$1 \leq \hat{k}(y) < 2$	2
$2 \leq \hat{k}(y) < 3$	3
$3 \leq \hat{k}(y) < 4$	4
$4 \leq \hat{k}(y)$	5

Tabelle 37: Verteilung individueller Risikoindizes bei 207 Transplantaten in Risikoklassen

durchgängige Transplantate			
Risiko- klasse	Anzahl	relative Häufigkeit	bisher be- obachtete- durchschnitt- liche Öffnungszeit in Monaten
1	62	51,7%	44,2
2	41	34,2%	40,1
3	9	7,5%	36,6
4	4	3,3%	29,8
5	4	3,3%	14,8
Gesamt	120	100,0%	40,8
verschlossene Transplantate			
Risiko- klasse	Anzahl	relative Häufigkeit	durchschnitt- liche Öffnungszeit in Monaten
1	23	26,4%	29,3
2	33	37,9%	24,1
3	9	10,4%	15,7
4	6	6,9%	7,8
5	16	18,4%	7,2
Gesamt	87	100,0%	20,4

Tabelle 38: Verteilung individueller Risikoindices bei 207 Extremitäten in Risikoklassen

erhaltene Extremitäten			
Risiko- klasse	Anzahl	relative Häufigkeit	bisher be- obachtete durchschnitt- liche Erhaltungs- zeit in Monaten
1	44	26,7%	46,6
2	48	29,1%	44,3
3	35	21,2%	43,2
4	20	12,1%	35,5
5	18	10,9%	26,4
Gesamt	165	100,0%	41,7
amputierte Extremitäten			
Risiko- klasse	Anzahl	relative Häufigkeit	durchschnitt- liche Erhaltungs- zeit in Monaten
1	5	11,9%	23,2
2	8	19,1%	14,8
3	8	19,1%	10,6
4	4	9,5%	22,5
5	17	40,4%	4,9
Gesamt	42	100,0%	11,7

Tabelle 39: Beobachtete (nach Kaplan und Meier) und (nach Cox) erwartete Transplantatdurchgängigkeitsraten von 4 Risikogruppen

nach Monaten	Risikogruppe I $0,12 \leq \hat{k}(y) < 0,76$ $n = 52$		Risikogruppe II $0,76 \leq \hat{k}(y) < 1,15$ $n = 52$		Risikogruppe III $1,15 \leq \hat{k}(y) < 1,93$ $n = 52$		Risikogruppe IV $1,93 \leq \hat{k}(y) < 13,00$ $n = 51$	
	beob. Raten	erw. Raten	beob. Raten	erw. Raten	beob. Raten	erw. Raten	beob. Raten	erw. Raten
6	96%	94%	96%	88%	94%	82%	84%	61%
12	94%	91%	94%	84%	92%	76%	76%	51%
24	88%	88%	88%	79%	84%	69%	72%	41%
36	76%	84%	82%	71%	80%	58%	56%	28%
48	76%	81%	78%	67%	74%	53%	53%	23%
60	76%	77%	78%	60%	48%	45%	53%	17%

Tabelle 40: Beobachtete (nach Kaplan und Meier) und (nach Cox) erwartete Beinerhaltungsraten von 4 Risikogruppen

nach Monaten	Risikogruppe I $0,15 \leq \hat{K}(y) < 1,05$ $n = 52$	Risikogruppe II $1,05 \leq \hat{K}(y) < 2,00$ $n = 52$	Risikogruppe III $2,00 \leq \hat{K}(y) < 3,31$ $n = 52$	Risikogruppe IV $3,31 \leq \hat{K}(y) < 18,00$ $n = 51$
	beob. Raten	erw. Raten	beob. Raten	erw. Raten
6	96%	96%		
12	96%	96%	100%	70%
24	96%	95%	98%	67%
36	93%	93%	92%	60%
48	93%	93%	89%	54%
60	93%	92%	87%	50%
			87%	46%

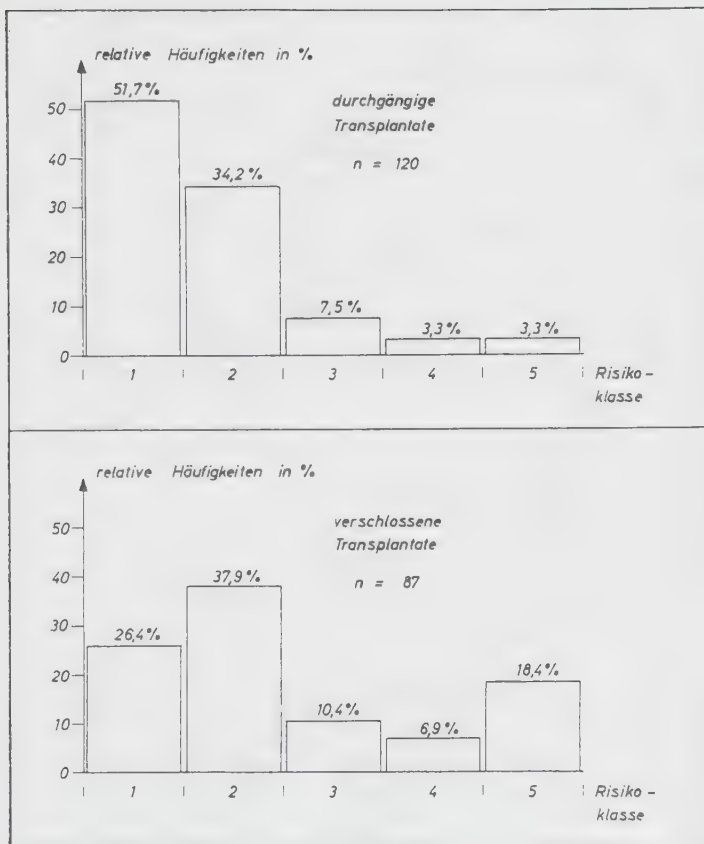


Abbildung 12: Verteilung individueller Risikoindizes bei 207 Transplantaten in Risikoklassen

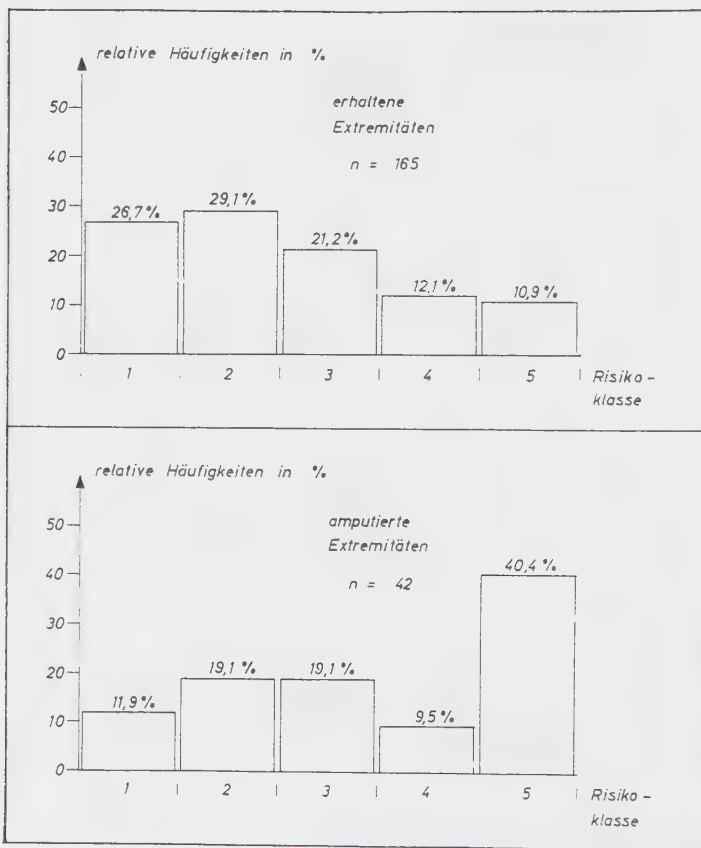


Abbildung 13: Verteilung individueller Risikoindizes bei 207 Extremitäten in Risikoklassen

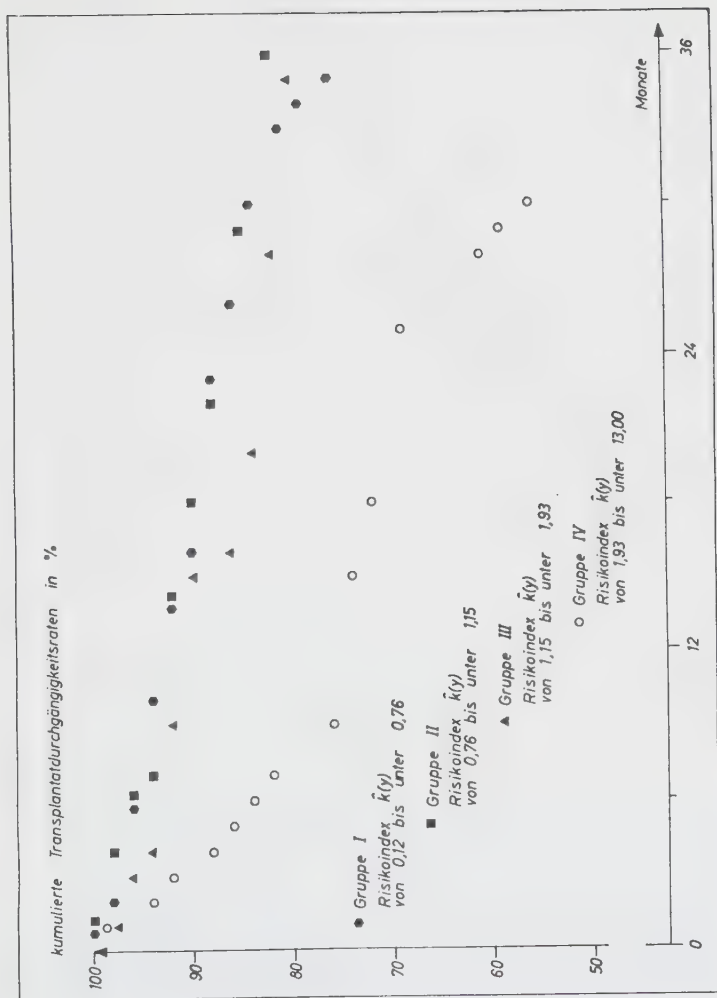


Abbildung 14: Beobachtete (nach Kaplan und Meier) Transplantatdurchgängigkeitsraten von 4 Risikogruppen

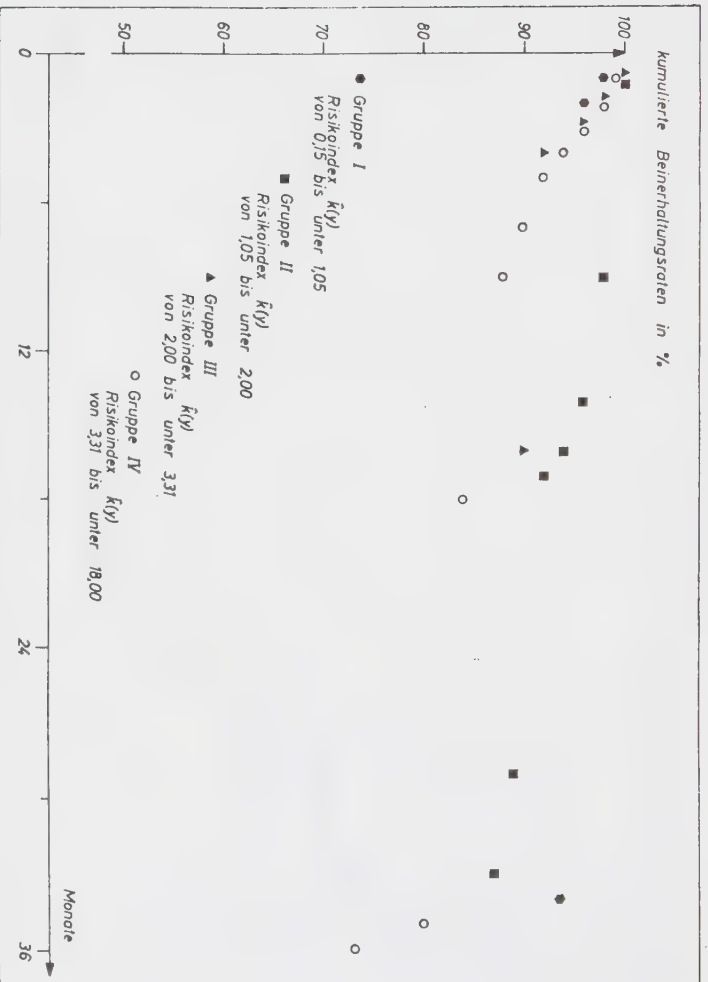


Abbildung 15: Beobachtete (nach Kaplan und Meier) Beinerhaltungsraten von 4 Risikogruppen

D I S K U S S I O N

Krurale Verschlüsse setzen der konservativen Therapie enge Grenzen, weil über die dünnkalibrigen Kollateralen im Unterschenkelbereich die Peripherie meist ungenügend mit Blut versorgt wird.

Ebenso hat die lumbale Sympathektomie bei dieser Verschlußlokalisation nur bescheidenen Erfolg (46). Nach 5 Jahren sind Kranke im Ischämiestadium II zu 7,5%, im Stadium III zu 20% und im Stadium IV zu über 50% amputiert (2). Andere Autoren beschreiben sogar Amputationsraten von 60% nach 6 Monaten (18).

Als einzige echte Alternative zur Verhinderung einer Amputation, bei der eine sehr hohe Frühletalität von 21,6% bis zu 46% im höheren Lebensalter auftritt (20, 70, 71), bietet sich der femoro - krurale Bypass an (14, 15, 50, 56, 58, 67).

Zwischen 1970 und 1977 wurden in den städtischen Krankenanstalten Fürth 211 solche Revaskularisationen bei 191 Patienten vorgenommen. Das durchschnittliche Lebensalter zum Zeitpunkt des Eingriffes betrug 61,2 Jahre.

Die meisten anderen Zentren, die femoro - krurale Rekonstruktionen durchführen, berichten ebenfalls von einem Altersgipfel ihres Krankengutes jenseits des 60. Lebensjahres (12, 16, 19, 21, 23, 42, 50, 56, 61).

Die Angaben über das Verhältnis von Männern zu Frauen, das in Fürth ungefähr bei 4:1 lag, schwanken dabei von von etwa 2:1 bis 14:1 (12, 15, 26, 38, 49, 58, 61).

An Risikofaktoren ermittelten wir Diabetes mellitus in 40,8%, Hypertonie in 48,7% und Nikotinabusus in 60,7% aller Fälle. In der Literatur werden Werte von 11,9% bis 49,4% für Diabetes mellitus, 10,0% bis 44,7% für Hypertonie und 46,6% bis 100% für Nikotinabusus genannt (14, 15, 23, 28, 38, 39, 50, 56, 61, 67).

Als absolute Indikation zur femoro-kruralen Rekonstruktion gelten für uns, wie für fast alle Autoren (15, 16, 23, 28, 50, 56, 58, 61), die amputationsgefährdeten Ischämiestadien III und IV, die zusammen bei 82,5% aller Kranken vorkamen.

Mit *Tyson* (69), *Reichle* (56) und anderen (15, 23, 28, 38, 61) sind wir der Meinung, daß das Stadium IIb als relative Operationsindikation anzusehen ist, aber nur dann, wenn die Claudicatio zu einer starken Behinderung im täglichen Leben und zur Gefahr der Arbeitsunfähigkeit führt.

Wir stellten das Ischämiestadium IIb bei 17,5% aller Patienten fest. In der Literatur sind meist etwas geringere (1, 21, 28, 39, 42, 56, 61), z. T. aber auch höhere Prozentangaben (3, 23, 52) zu finden.

Im Gegensatz zu *Helmig* (28), der ein Lebensalter von Über 65 Jahren als negativen Faktor bezeichnet, bedeutet für uns das hohe Alter bei weitgehend normalen Vitalfunktionen keine Kontraindikation für eine Revaskularisation (17). *Nicholas* (50) operierte sogar einen 104jährigen Patienten mit akralen Nekrosen, der dann bis zum Alter von 106 Jahren mit schmerzfreiem Bein gut laufen konnte.

Es scheint außerdem so zu sein, daß, statistisch betrachtet, die Durchgängigkeitszeit des Transplantates um so größer wird, je älter der Kranke zum Zeitpunkt der Operation ist (45).

Zusammenfassend kann man feststellen, daß das Fürther Krankengut in den oben genannten Kriterien den Patientenkollektiven anderer Zentren gleicht.

Da für alle Gefäßrekonstruktionen eine nachgeschaltete offene Strombahn als zwingende Voraussetzung gilt, muß bei jedem wegen einer chronisch-okklusiven Gefäßerkrankung in die Klinik eingewiesenen Patienten eine Angiographie vorgenommen werden. Eine frei durchgängige Arterie im Unterschenkelbereich mit gutem distalen Abfluß kann einen femoro - kruralen Bypass ermöglichen und damit das Bein vor der Amputation retten (67).

Gelingt eine einwandfreie Beurteilung der Unterschenkelgefäße mit der Methode nach Seldinger nicht, wird von uns wie von anderen Autoren (15, 16, 26, 36, 58, 67, 67) gefordert, die Darstellung der distalen Gefäßsituation durch Direktpunktion der A. femoralis communis oder sogar durch eine Angiographie auf dem Operationstisch nach Freilegung der A. poplitea zu erzwingen.

1949 benutzte *Kunlin* (41) als Erster das autologe Saphenatransplantat zur Überbrückung obliterierter Gefäßstrecken. Heute stellt die Verwendung der gewendeten Vena saphena magna desselben Beines bei der peripheren Rekonstruktion ein standardisiertes Verfahren dar und hat sich gegenüber anderen Transplantatmaterialien hervorragend bewährt (1, 11, 14, 15, 16, 20, 21, 23, 26, 28, 39, 42, 49, 50, 52, 56, 58, 61, 63, 67).

Wir sind nicht der Meinung von *Saggau* (58), daß eine erfolgversprechende Gefäßrekonstruktion im kruralen Bereich nur mit autoplastischem Gefäßersatz möglich ist. Stand keine ausreichend lange Vene zur Verfügung, so führten wir meist die Kombination mit einer Kunststoff-

prothese durch (3, 11, 15, 21, 26, 61, 67). War auch das nicht möglich, weil gar kein geeignetes Venensegment gewonnen werden konnte, so implantierten wir in wenigen Fällen einen langen Gore-Tex-Bypass vom Leistenband bis in den Unterschenkel. Die Früh- und Spätthromboseraten lagen allerdings mit 25,8% und 52,2% bei diesem Verfahren sehr hoch.

Für die distale Anastomose empfehlen wir, in Übereinstimmung mit anderen Zentren (1, 15, 23, 26, 61), die A. tibialis posterior, wenn sich eine Auswahl unter den Unterschenkelgefäßen anbietet. Im Gegensatz zu *Garrett* (38) und anderen (23, 61) ermittelten wir signifikant bessere Ergebnisse mit der A. tibialis posterior gegenüber der A. tibialis anterior als distales Anschlußgefäß.

Bietet die A. fibularis auch die größten technischen Schwierigkeiten des operativen Zugangs (15, 58), so rechtfertigen es die Resultate doch, diese Arterie zumindest dann zu verwenden, wenn kein anderes offenes Gefäß zur Verfügung steht (12, 50, 61).

In Tabelle 41 sind die uns zugänglichen Literatur-Ergebnisse über femoro-krurale Revaskularisationen zusammengefaßt und unseren Daten gegenübergestellt.

Gute Frühergebnisse mit frei durchgängigem Bypass erzielten 67,7% bis 95,7% aller Operationen. Bei verschiedenen langen Beobachtungszeiten wird dann in 40% bis 74,1% über noch funktionstüchtige Rekonstruktionen berichtet.

Die Gesamtamputationsraten schwanken zwischen 6,9% und 46,1%. Die Früh-todesraten liegen bei größeren Fallzahlen fast durchwegs unter 4%.

Wenn man bei der Bewertung dieser Resultate berücksich-

tigt, daß die große Mehrheit der Patienten unmittelbar von dem Verlust der Extremität bedroht war, sind die Beinerhaltungsraten ermutigend (14, 19, 58). Es ist deshalb stets zu prüfen, ob eine Revaskularisation möglich erscheint, bevor eine Amputation in Erwägung gezogen wird (1, 52, 56).

Zur Frage der Prognose konnten wir in der Literatur keine dem Modell von Cox vergleichbaren Ansätze finden. Dieses Modell erlaubt zwar im Augenblick noch keine exakte Vorhersage der Transplantatdurchgängigkeitsraten, man kann mit ihm jedoch in der jetzigen Ausarbeitung schon eine Patientengruppe mit relativ hohem Verschlußrisiko herausfiltern.

Tabelle 41: Schrifttumsteilungen über Früh- und Spätergebnisse nach femoro-kruralen Rekonstruktionen

Autoren	Anzahl	Frühergebnisse* postop. Letalität	Bypass offen	Spätergebnisse Beobacht.- zeit bis	Bypass offen	Gesamt- amputa- tions- raten
<i>Garrett et al.</i> (23)	1968	3,5%	86,0%	18 Monate	73,7%	15,8%
<i>Noon et al.</i> (52),	1969	2,1%	80,0%	50 Monate	56,8%	10,5%
<i>Barad et al.</i> (1),	1970	0	78,3%	39 Monate	65,2%	30,4%
<i>Kaminski et al.</i> (39),	1972	0	73,9%	29 Monate	65,2%	30,4%
<i>Kahn et al.</i> (38),	1973	3,1%	67,7%	84 Monate	50,9%	46,1%
<i>Kunlin</i> (42),	1973	0	ca. 67%	120 Monate	ca. 40%	ca. 35%
<i>Imprato et al.</i> (36),	1974	6,2%	75,0%	72 Monate	52,5%	
<i>Dardik et al.</i> (11),	1975	6,3%	71,8%	24 Monate	53,1%	34,4%
<i>Saggau et al.</i> (58),	1975	0	87,9%	36 Monate	74,1%	6,9%
<i>Harrington et al.</i> (26),	1976	53	74,0%	56 Monate	52,0%	34,8%
<i>Edwards et al.</i> (15),	1976	1,0%	88,5%	12 Monate	71,1%	9,4%
<i>Turnipseed et al.</i> (67),	1977	2,3%	79,1%	48 Monate	55,8%	20,9%
<i>Franke et al.</i> (16),	1978	1,5%	93,9%	108 Monate	64,4%	8,3%
<i>Deutsch et al.</i> (14),	1979	4,3%	95,7%	54 Monate	69,6%	26,1%
<i>Schmitz</i> (61),	1979	0	88,9%	132 Monate	59,6%	18,7%
<i>Reichle et al.</i> (56),	1979	1,8%	67,9%	168 Monate	48,8%	
Eigenes Krankengut	211	1,9%	88,2%	120 Monate	56,9%	19,9%

* zur Entlassung oder 4 Wochen postoperativ

Z U S A M M E N F A S S U N G

Von 1970 bis 1977 wurden in der Chirurgischen Klinik des Stadtkrankenhauses Fürth 211 femoro-krurale Rekonstruktionen bei 191 Patienten durchgeführt. Als Voraussetzung für diesen Eingriff galt die Kontrastierung mindestens einer Unterschenkelarterie.

Mit den Ischämiestadien III und IV nach Fontaine lag eine absolute Operationsindikation in 82,5% aller Fälle vor.

Die postoperative Letalitätsrate betrug 1,9%, die Frühamputationsrate 7,1%. Bei der Entlassung erwiesen sich 88,2% aller Bypässe als funktionstüchtig. In 6 Fällen (2,8%) kam es noch in der Klinik zu einem Rezidivverschluß, die Patienten konnten aber vor dem Verlust der Extremität bewahrt werden.

2 bis 10 Jahre nach der Operation ermittelten wir von 207 Fällen Spätergebnisse.

120 Rekonstruktionen (59,6%) blieben durchgängig, 42mal (19,9%) war eine Amputation unumgänglich. In 45 Fällen fanden wir zwar den Bypass verschlossen, das Bein jedoch erhalten.

Mit der "Life Table Method" ergaben sich Transplantatdurchgängigkeitsraten von 53,2% und Beinerhaltungsraten von 76,4% nach 5 Jahren.

Statistisch wiesen wir mit einer Signifikanz von 5% nach, daß die A. tibialis posterior als distales Anschlußgefäß und die autologe Vene als Transplantatmaterial die besten Spätergebnisse erzielen.

Durch die Anwendung des Modells von Cox gelang es, Pa-

tienten mit einem besonders hohen Verschlußrisiko abzugrenzen.

Unsere Ergebnisse zeigen, daß beim Unterschenkelarterienverschluß die femoro-krurale Revaskularisation heute anderen Behandlungsmethoden weit überlegen und damit die Methode der Wahl ist. Bei nur kleinem Risiko wird durch die Rekonstruktion häufig die Erhaltung der amputationsgefährdeten Extremität erreicht.

L I T E R A T U R

- 1, *Baird, R. J., H. Tutassaura, R. T. Miyagishima:*
Saphenous Vein Bypass Grafts to the Arteries of
the Ankle and Foot.
Ann. Surg. 172 (1970) 1059-1063
- 2, *Becker, H., G. Baumann, W.-J. Stelter:*
Gefäßchirurgische Maßnahmen bei arterieller Ver-
schlußkrankheit.
Münch. med. Wochenschr. 120 (1978) 31-36
- 3, *Bliss, B. P., N. Fonseka:*
"Hitch-hike" grafts for limb salvage in periphe-
ral arterial disease.
Br. J. Surg. 63 (1976) 562-564
- 4, *Buda, J. A., C. J. Weber, F. F. McAllister,
A. B. Voorhees:*
Factors Influencing Patency of Femoropopliteal
Artery Bypass Grafts.
Am. J. Surg. 132 (1976) 8-12
- 5, *Carnel, A.:*
La technique opératoire des anastomoses vascu-
laires et la transplantation des viscères.
Lyon med. 98 (1902) 859-864
- 6, *McCaughan, J. J.:*
Successful arterial grafts to the anterior tibi-
al, posterior tibial (below the peroneal), and
peroneal arteries.
Angiology 12 (1961) 91-94
- 7, *McCaughan, J. J.:*
Bypass Graft to the Posterior Tibial Artery at
the Ankle - Case Reports.
Am. Surg. 32 (1966) 126-130

- 8, *Cox, D. R.*:
Regression Models and Life-Tables (with Discussion).
J. R. Statist. Soc. B 34 (1972) 187-220
- 9, *Cutler, S. J., F. Edener*:
Maximum utilization of the life table method in analyzing survival.
J. Chron. Dis. 8 (1958) 699-712
- 10, *Dale, W. A.*:
Grafting Small Arteries - Experience with 19 Shunts Below the Knee.
Arch. Surg. 86 (1963) 22-33
- 11, *Dardik, H., I. I. Dardik, S. Sprayregen, I. M. Ibrahim, F. J. Veith*:
Patient selection and improved technical factors in small-vessel bypass procedures of the lower extremity.
Surgery 77 (1975) 249-254
- 12, *Dardik, H., I. M. Ibrahim, I. I. Dardik*:
The Role of the Peroneal Artery for Limb Salvage.
Ann. Surg. 189 (1979) 189-198
- 13, *Darling, R. C., R. R. Linton*:
Durability of femoropopliteal reconstructions. Endarteriectomie versus vein bypass grafts.
Am. J. Surg. 123 (1972) 472-479
- 14, *Deutsch, M., G. Bardach, J. Kaliman, M. Staudacher, R. Weisskirchner*:
Der femoro - krurale Venenbypass als Alternative zur Amputation.
Wien. klin. Wochenschr. 91 (1979) 89-94
- 15, *Edwards, W. H., R. S. Wright*:
Tibial and Peroneal Bypass in Severe Occlusive Disease of the Lower Extremities.
Ann. Surg. 183 (1976) 710-718

- 16, *Franke, F., F. P. Gall:*

Indikation, Technik und Ergebnisse der femoro-kruralen Revaskularisation beim Unterschenkelarterienverschluß.

Zbl. Chir. 103 (1978) 206-212

- 17, *Franke, F., K. Husfeldt, Ch. Stosiek, F. P. Gall:*

Operative Behandlung der arteriellen Verschlußkrankheit im hohen Lebensalter unter Berücksichtigung des Risikos.

Thoraxchirurgie 26 (1978) 148-152

- 18, *Frybaker, T.:*

Lumbar Sympathectomie in Impending Gangrene and Foot Ulcer.

Scand. J. clin. Lab. Invest. 31 Suppl. 128 (1973) 71-72

- 19, *Gall, F. P.:*

Die chronische arterielle Durchblutungsstörung der Beine. Bericht über eine 10jährige Erfahrung mit der Rekonstruktion durch Venentransplantation.

In:

Rügheimer, E., W. Schellerer (Hrsg.):
Aspekte moderner Chirurgie, Chirurgie aktuell,
Bd. 4,

Erlangen: Straube (1977) 116-129

- 20, *Gall, F. P., K. J. Husfeldt, F. Franke:*

Rekonstruktion beim femoro-poplitealen und beim femoro-kruralen Verschluß.

In:

Heberer, G. (Hrsg.):
Aktuelle Fragen der rekonstruktiven Gefäßchirurgie.

Erlangen: Straube (1979) 121-128

- 21, *Gall, F. P., F. Franke, K. J. Husfeldt:*

Rekonstruktionsmöglichkeiten bei femoro-kruralen Arterienverschlüssen.

Thoraxchirurgie 25 (1977) 83-87

- 22, *Gannett, H. E., M. E. DeBakey:*
Distal posterior tibial artery bypass with autogenous vein graft: A report of three cases.
Surgery 60 (1966) 283-285
- 23, *Gannett, H. E., P. I. Kotch, M. T. Green Jr., E. B. Diethrich, M. E. DeBakey:*
Distal tibial artery bypass with autogenous vein grafts: An analysis of 56 cases.
Surgery 63 (1968) 90-106
- 24, *LoGerfo, F. W., J. D. Conson, J. A. Mannick:*
Improved Results With Femoropopliteal Vein Grafts for Limb Salvage.
Arch. Surg. 112 (1977) 567-570
- 25, *Handers, H.:*
Diabetes mellitus und Innere Krankheiten.
Fortschr. Med. 86 (1968) 844-848
- 26, *Harrington, O. B., V. G. Cnosky, R. Y. Wolf, B. A. Reichart, L. Hines:*
Femoral Tibial Bypass Grafts.
South. Med. J. 69 (1976) 393-395
- 27, *Hasse, H. M.:*
Chronische arterielle Verschlusskrankheit der Extremitätenarterien.
In:
Heberer, G. (Hrsg.), G. Rau, W. Schoop:
Angiologie.
Stuttgart: Thieme (1974) 397-432
- 28, *Helmig, L., W. E. Tuineloer, J. Alemany, R. Heber:*
Ergebnisse rekonstruktiver Eingriffe bei arterieller Verschlusskrankheit vom langen Trifurkationstyp.
Thoraxchirurgie 24 (1976) 318-324

- 29, *Hess, H.:*
Diagnose, Therapie und Prophylaxe der Systemerkrankungen der Arterien.
Med. Welt 15 (1964) 1479-1482
- 30, *Hess, H.:*
Medikamentöse Therapie arterieller Durchblutungsstörungen.
Pharm. Z. 111 (1966) 543-545
- 31, *Hess, H.:*
Die Antikoagulantien- und Fibrinolyse - Behandlung bei arteriellen Gefäßverschlüssen.
Therapiewoche 17 (1967) 1617-1621
- 32, *Hess, H., H. Frost:*
Rauchen und arterielle Verschlusskrankheiten.
Fortschr. Med. 86 (1968) 841-843
- 33, *Hess, H., M. Marshall:*
Rauchen und arterielle Gefäßerkrankungen.
Med. Welt. 27 (1976) 697-699
- 34, *Hild, R., Th. Brecht, F. Noll:*
Krankheiten der Arterien.
In:
G. Schettler:
Innere Medizin, Bd. I.
Stuttgart: Thieme (1976) 259-283
- 35, *Höpfner, E.:*
Ueber Gefäßnaht, Gefäßstransplantationen und Replantation von amputierten Extremitäten.
Langenbecks Arch. klin. Chir. 70 (1903) 417-471
- 36, *Imparato, A. M., G. E. Kim, M. Madayag, S. P. Haveson:*
The results of tibial artery reconstruction procedures.
Surg. Gynecol. & Obstet. 138 (1974) 33-38

37, *Junge-Hülsing, G.:*

Möglichkeiten der Prophylaxe und Langzeittherapie
arteriosklerotischer Prozesse.

Therapiewoche 19 (1969) 64-71

38, *Kahn, S. P., S. M. Lindenauer, T. L. Dent, R. O.
Kraft, W. J. Fry:*

Femorotibial Vein Bypass.

Arch. Surg. 107 (1973) 309-312

39, *Kaminski, D. L., H. B. Banner, J. A. Donighi, G.
C. Kaiser, V. L. Willman:*

Femoral-Tibial Bypass Grafting.

Arch. Surg. 104 (1972) 527-530

40, *Kaplan, E. L., P. Meier:*

Nonparametric estimation from incomplete observa-
tions.

J. Amer. Statist. Ass. 53 (1958) 457-481

41, *Kunlin, J.:*

Le traitement de l'arterite oblitérante par la
greffe veineuse.

Arch. Mal. Cœur 42 (1949) 371-372

42, *Kunlin, J.:*

Venenersatz kleinkalibriger Arterien.

Thoraxchirurgie 21 (1973) 382-386

43, *Lexer, E.:*

Die ideale Operation des arteriellen und des ar-
teriell-venösen Aneurysma.

Langenbecks Arch. klin. Chir. 83 (1907) 459-477

44, *Mannick, J. A., D. M. Hume:*

Salvage of extremities by vein grafts in far - ad-
vanced peripheral vascular disease.

Surgery 55 (1964) 154-164

- 45, *Martin, P.:*
Relationship between age and success of arterial operations.
J. Cardiovas. Surg. 16 (1975) 155-156
- 46, *Masuoka, S., T. Shimomura:*
Lumbar Sympathectomie and Blood Flow in the Lower Extremity.
Am. J. Surg. 136 (1978) 369-374
- 47, *Minken, S. L., A. G. May:*
Use of Peroneal Artery for Revascularization of the Lower Extremity.
Arch. Surg. 99 (1969) 594-597
- 48, *Morris, G. C., M. E. DeBakey, D. A. Cooley, E. S. Crawford:*
Arterial bypass below the knee.
Surg. Gynecol. & Obstet. 108 (1959) 321-332
- 49, *Müller-Wiefel, H.:*
Der femoro-krurale Saphena-Bypass zur Arteria tibialis anterior.
Chirurg 43 (1972) 31-37
- 50, *Nicholas, G. G., C. F. Barker, H. D. Benkowitz, B. Roberts:*
Reconstructive Surgery Distal to the Popliteal Trifurcation.
Arch. Surg. 107 (1973) 652-656
- 51, *Nolke, F.:*
Hypercholesterinämie und Hochdruck.
Zbl. allg. Path. 108 (1965) 132
- 52, *Noon, G. P., E. B. Diethrich, W. P. Richardson, M. E. DeBakey:*
Distal Tibial Arterial Bypass.
Arch. Surg. 99 (1969) 770-775

- 53, *Ortner, A. B., H. F. Berg, A. Lebendiger:*
Limb Salvage Through Small-Vessel Surgery.
Arch. Surg. 83 (1961) 414-421
- 54, *Palma, E. C.:*
Treatment of arteritis of the lower limbs by
autogenous vein grafts.
Minerva Cardioangiol. 8 (1960) 36-50
- 55, *Raithel, D.:*
Periphere Durchblutungsstörungen.
In:
Wieck, H.-H.:
Zerebrale und periphere Durchblutungsstörungen
München: Aesophus (1974) 227-313
- 56, *Reichle, F. A., K. P. Rankin, R. R. Tyson, A. J.
Finestone, Ch. Shuman:*
Long-term results of 474 arterial reconstructions
for severely ischemic limbs: A fourteen year-fol-
low-up.
Surgery 85 (1979) 93-100
- 57, *Sachs, L.:*
Angewandte Statistik.
Berlin-Heidelberg: Springer (1974)
- 58, *Saggau, W., K. Laubach, G. Schaffelder:*
Der femoro - krurale Venenbypass bei chronischen
Unterschenkelarterienverschlüssen.
Thoraxchirurgie 23 (1975) 107-114
- 59, *dos Santos, J. C.:*
zitiert nach:
Leriche, M. R.:
Sur la desobstruction des thromboses arterielles
anciennes.
Mem. Acad. Chir. 73 (1947) 409-411
- 60, *Schettler, G.:*
Arteriosklerose.
Stuttgart: Thieme (1961)

61, *Schmitz, J.:*

Ergebnisse der cruralen Revaskularisation am gefäßchirurgischen Krankengut der Universitätsklinik Erlangen in den Jahren 1967-1977.

Diss. Med. Erlangen (1979)

62, *Schulte, M.:*

Angiopathien.

In:

Gross, R., P. Schölmerich:

Lehrbuch der Inneren Medizin.

Stuttgart: Schattauer (1977) 393-409

63, *Shieber, W., Ch. Parks:*

Dorsalis Pedis Artery in Bypass Grafting.

Am. J. Surg. 128 (1974) 752-755

64, *Statistisches Bundesamt Wiesbaden:*

Statistisches Jahrbuch 1978.

Stuttgart: Kohlhammer GmbH (1979)

65, *Stich, R., M. Makkas, C. E. Dowman:*

Beiträge zur Gefäßchirurgie: Cirkuläre Arterien-naht und Gefäßstransplantationen.

Brun's Beitr. klin. Chir. 53 (1907) 113-160

66, *Stoney, R. J., D. R. James, E. J. Wylie:*

Surgery for Femoropopliteal Atherosclerosis.

Arch. Surg. 103 (1971) 548-553

67, *Turnipseed, W., W. Evans, J. S. Vasko:*

Preservation of the Ischemic Leg by Distal Vascular Bypass.

Ann. Surg. 186 (1977) 659-662

68, *Tyson, R. R., D. A. DeLaurentis:*

Femorotibial Bypass.

Circulation 33/34 Suppl. 1 (1966) 183-188

69, *Tyson, R. R.:*

Indications for surgical treatment of occlusive arterial disease of the legs.

Surgery 69 (1971) 480-481

70, *Wagenknecht, L.:*

Über arterielle Verschlusskrankungen und die Letalität der Amputation an den unteren Gliedmaßen.

Diss. Med. Akad. Düsseldorf (1965)

71, *Warren, R., R. B. Kihn:*

A survey of lower extremity amputations for ischemia.

Surgery 63 (1968) 107-120

72, *Widmer, L. K.:*

Morbidität an Gliedmaßenarterien-Verschluss bei 6400 Berufstätigen - Basler Studie.

Bibl. cardirol. 13 (1963) 67-114

73, *Widmer, L. K., F. Duchosal:*

Natürlicher Verlauf des chronischen Gliedmaßenarterienverschlusses - Folgerungen für die Chirurgie.

In:

Widmer, L. K., P. Waibel, A. Kappert:

Koronare Herzkrankheit und chronischer Verschluss der Gliedmaßenarterien

Stuttgart: Huber (1968) 74-88

74, *Zöllner, N., M. Gudenzi:*

Behandlung der Hypercholesterinämie mit Beta - Pyridylkarbinol.

Med. Klin. 61 (1966) 1996-2001

Abschließend möchte ich Herrn Prof. Dr. F. P. Gall für die Überlassung des Themas danken.

Mein Dank gilt weiterhin Herrn Dr. F. Franke für die jederzeit gern gewährte Unterstützung bei der Anfertigung der Arbeit, sowie Herrn Dr. Gunselmann vom Institut für Medizinische Statistik für die Beratung beim Kapitel Prognose.

L E B E N S L A U F

Ich wurde am 08. 12. 1954 in Nürnberg geboren. Von 1961 bis 1965 besuchte ich die Grundschule Fischbach, dann wechselte ich auf das Leibniz-Gymnasium Altdorf, wo ich 1974 das Abitur bestand.

Im April 1975 begann ich mit dem Studium der Medizin an der Friedrich-Alexander-Universität Nürnberg-Erlangen, das ich im Oktober 1982 mit dem dritten Abschnitt des Staatsexamens abgeschlossen habe.

